

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO CONDÉ ALVES

ASSOCIAÇÃO DE FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E  
REMINERALIZADOR PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Solanum diploconos* E  
*Mimosa flocculosa*

CURITIBA

2020

RODRIGO CONDÉ ALVES

ASSOCIAÇÃO DE FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E  
REMINERALIZADOR PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Solanum diploconos* E  
*Mimosa flocculosa*

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dagma Kratz

CURITIBA

2020

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Alves, Rodrigo Condé

Associação de fertilizantes de liberação controlada e remineralizador  
para produção de mudas de *Solanum diploconos* e *Mimosa flocculosa* /  
Rodrigo Condé Alves. - Curitiba, 2020.

86 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientadora: Profa. Dra. Dagma Kratz

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.  
Defesa: Curitiba, 18/02/2020.

Área de concentração: Silvicultura.

1. Mudas. 2. Viveiros florestais. 3. Adubos e fertilizantes. 4. Bracatinga.  
5. Solanacea. 6. Florestas - Reprodução. 7. Mata Atlântica. 8. Teses. I.  
Angelo, Alessandro Camargo. II. Kratz, Dagma. III. Universidade Federal do  
Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.232.32



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL - 40001016015P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RODRIGO CONDÉ ALVES** intitulada: **Associação de fertilizantes de liberação controlada e remineralizador para produção de mudas de *Solanum diploconos* e *Mimosa flocculosa***, sob orientação do Prof. Dr. ALESSANDRO CAMARGO ANGELO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 18 de Fevereiro de 2020.

ALESSANDRO CAMARGO ANGELO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

KAREN KOCH FERNANDES DE SOUZA

Avaliador Externo (CEEP - NEWTON FREIRE MAIA (SEED/PR))

MARCIO CARLOS NAVROSKI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA)



## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela oportunidade de fazer parte de um programa de pós-graduação de excelência com estrutura física e humana de qualidade, os quais são fatores fundamentais para construção do conhecimento e avanço da ciência brasileira.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado e por viabilizar a pesquisa em dedicação integral no país.

À minha família, em especial a minha Mãe Sandra, ao meu Pai Hildebrando e Irmão Filipe, Madrinha Lelena e Tios Aparecida e Célio, pelo apoio irrestrito e por sempre investirem e acreditarem em mim. Sem vocês eu não teria chegado até aqui.

À Flavinha, pelo amor incondicional, companheirismo, pelos momentos de diversão, reflexão, pela ajuda nos experimentos, nas revisões textuais e pela confiança ao longo dos últimos muitos anos! Tudo fica mais fácil ao seu lado. Te amo! Você é a melhor aluna de botânica do universo, mesmo chamando a pata-de-vaca de asa-de-borboleta.

Ao meu orientador Alessandro Camargo Angelo, pela acolhida, pelos conselhos e confiança desde o início. Admiro muito sua postura de vida e caminho profissional trilhado! Seguimos sonhando e realizando por esse mundão afora!

À minha coorientadora Dagma Kratz, que desde o começo deu seu voto de confiança e sempre se mostrou extremamente compreensiva e solícita nos momentos mais improváveis. É muito bom saber que mulheres como você estão ocupando os espaços de poder e transformando o que é possível em sua volta. Obrigado pelos conhecimentos compartilhados e por me mostrar a beleza do universo das mudas florestais.

Aos professores Nilton Sousa, Ivan Crespo e Alexandre Tetto pela recepção na UFPR, acolhimento e conhecimentos compartilhados.

À Fazenda Experimental Canguiri, por ter sido a minha segunda casa e ter proporcionado toda a estrutura necessária para a realização de meu experimento, assim como a todos os seus colaboradores por ajudarem a transformar uma ideia em realidade.

Às amigadas construídas durante a pós-graduação: Alexandre, Chaiane, Mônica, Letícia Walter, Manu, Letícia, Gabi, Luani e Nocy pelas risadas, (poucas) cervejas, trabalhos de laboratório, campo e conhecimentos compartilhados!

Ao PET-Floresta, pela diferença que vocês fazem no curso de Engenharia Florestal da UFPR e por abraçarem de maneira tão legal o Projeto Arboreto!

À todos que participaram da montagem do experimento, das inúmeras medições e análises realizadas para que fosse possível chegar ao resultado final desse trabalho: Ana Barbosa, Ana, Isabelle, Francival, Natália, Danielle, Lucas, Ana Paula, Jefter, Vinícius, Sarah, Paula e mais alguém que eu possa ter esquecido. Obrigado de verdade, sem vocês não teria sido possível realizar este trabalho!

À prof. Karen pelos momentos de descontração, de trabalho e pela confiança na delegação de atividades do Projeto Arboreto.

À todas as estagiárias do Colégio Newton Freire Maia, pela oportunidade de ter sido “orientador” de vocês no Projeto Arboreto, espero ter correspondido à altura de suas expectativas e conseguido compartilhar o pouco que sei sobre o mundo florestal.

À Mariella Carmardelli Uzêda e prof. Marilena Conde, por terem sido minhas primeiras orientadoras e terem me iniciado na carreira acadêmica. Obrigado por compartilharem sua visão de ciência e vida comigo e me mostrarem os caminhos.

À EMBRAPA Florestas, na pessoa do Dr. Ivar Wendling, e à SPVS, na pessoa do Ricardo Borges, pela estrutura compartilhada e apoio na estruturação do viveiro florestal da Fazenda Canguiri. À REMINER pelo envio do remineralizador para realização do experimento.

Aos amigos, colegas, técnicos e professores do Departamento de Florestas da UFPR e Instituto de Florestas da UFRuralRJ que contribuíram para minha formação, em especial aos irmãos da turma 2008-II pelos ótimos momentos desde o primeiro dia de faculdade.

Agradeço também a todos aqueles que sempre me apoiaram, dentro e fora da universidade. Cada vez mais tenho certeza que o mundo é feito majoritariamente de pessoas boas e espero cruzar com vocês sempre em meu caminho!

A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria.

**PAULO FREIRE**

## RESUMO

A mata atlântica teve sua área original reduzida a pequenos fragmentos dispersos na paisagem. Esforços em diversas áreas do conhecimento têm sido realizados a fim de promover a recomposição de áreas rurais com déficit de vegetação nativa perante a legislação vigente. Este cenário gera uma demanda crescente de mudas de espécies florestais nativas com qualidade adequada e que sejam capazes de cumprir papéis funcionais na restauração florestal. Outro desafio é a necessidade de desenvolvimento novas utilizações para resíduos decorrentes de atividades econômicas que geram materiais de difícil disposição e baixo valor agregado, como é o caso da mineração. Este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade da utilização de remineralizador de solo como componente do substrato e de fertilizantes de liberação controlada (FLC) na produção de mudas de *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs e *Mimosa flocculosa* Burkart em tubetes. Para isso, foi realizada avaliação física e química de substrato comercial de casca de pinus misturada a doses de 5 à 30% de remineralizador para que fossem observadas as alterações causadas pela adição do produto ao substrato. Posteriormente, foi realizado um experimento fatorial com doses de remineralizador (0, 10, 20 e 30% do volume do tubete) e doses de FLC (0, 4, 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>) em cada uma das espécies avaliadas, formando 16 tratamentos. As mudas tiveram sua altura (H) e diâmetro (DC) mensurados aos 90, 120 e 150 dias após a semeadura. Aos 150 dias, também foi realizada uma avaliação destrutiva para aferição da massa seca da parte aérea, raízes e total. A partir disso, foram calculados os índices de qualidade de Dickson (IQD) e robustez (H/DC). Os resultados indicaram que a adição do remineralizador ao substrato, em qualquer uma das doses testadas, alterou todos os parâmetros químicos e físicos avaliados. Com relação às espécies, *S. diploconos* não obteve resposta ao uso do remineralizador como componente do substrato, enquanto a dose de FLC de 8 kg/m<sup>3</sup> de substrato foi suficiente para gerar as melhores respostas na maior parte dos parâmetros analisados. Já para *M. flocculosa*, os resultados apontaram que dose de remineralizador de 10 a 30% foram benéficas ao crescimento da espécie, desde que associadas a uma dose de FLC de pelo menos 4 kg/m<sup>3</sup> de substrato, demonstrando interação entre os fatores analisados.

Palavras-chave: Pó de rocha. Muda florestal nativa. Substrato. Mata atlântica. Restauração florestal.



## ABSTRACT

The Atlantic Rainforest had its original area reduced to small fragments scattered in the landscape. Efforts have been made to promote forest restoration of rural areas with native vegetation deficit under current legislation. This scenario generates an increased demand for seedlings of native forest species that are able to fulfill functional roles in forest restoration. Another challenge is the need to develop new uses for waste resulting from economic activities that generate materials that are difficult to dispose of and have low added value, such as mining. This work aimed to verify the feasibility of using rock powder as substrate component and controlled release fertilizer (CRF) in the production of *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs and *Mimosa flocculosa* Burkart seedlings in tubes. For this, a physical and chemical evaluation of a commercial pine bark substrate mixed at doses of 5-30% rock powder was performed to observe the changes caused by the addition of the product to the substrate. Subsequently, a factorial experiment with rock powder doses (0.10, 20 and 30% of the volume of the cartridge) and CRF doses (0, 4, 8 and 12 kg/m<sup>3</sup>) were performed in each of the evaluated species, forming 16 treatments. The seedlings had their height (H) and diameter (DC) measured at 90, 120 and 150 days after sowing. At 150 days, a destructive evaluation was also performed to measure the dry mass of the shoot, roots and total (shoots + roots). From this, the Dickson Quality Indices (DQI) and robustness (H/DC) were calculated. The results indicate that the addition of rock powder at any of the doses tested altered all chemical and physical parameters in the evaluated substrates. Regarding the species, *S. diploconos* did not respond to the use of rock powder as substrate component and the FLC dose of 8 kg/m<sup>3</sup> of substrate was sufficient to generate the best responses in most of the analyzed parameters. For *M. flocculosa*, the results indicate that any dose of remineralizer (10 to 30%) was beneficial to the growth of the species, as long as associated with a FLC dose of at least 4 kg/m<sup>3</sup> of substrate, demonstrating interaction between the factors analyzed.

Keywords: Rock powder. Native forest seedling. Substrate. Atlantic rainforest. Forest restoration.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ÁREA DE OCORRÊNCIA DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs.....	17
FIGURA 2 - INDIVÍDUO ADULTO, FOLHAS, INFLORESCÊNCIA E FRUTOS VERDES DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs.....	18
FIGURA 3 - MAPA DE OCORRÊNCIA DE <i>Mimosa flocculosa</i> Burkart .....	20
FIGURA 4 - DEMANDA ANUAL DE FERTILIZANTES NO BRASIL, FRAÇÕES DE IMPORTAÇÃO E PRODUÇÃO NACIONAL.....	28
FIGURA 5 - CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE PINHAIS-PR.....	39
FIGURA 6 - NOTA DE AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS. ....	60
FIGURA 7 - NOTA DE AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE <i>Mimosa flocculosa</i> Bukart .....	68
FIGURA 8 - LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	82
FIGURA 9 - PLÂNTULAS DE S. DIPLOCONOS COM 30 DIAS PRONTAS PARA SEREM REPICADAS.....	82
FIGURA 10 - VISÃO GERAL DO EXPERIMENTO AOS 10 DIAS APÓS SEMEIO/REPICAGEM. AS ESPÉCIES EM QUESTÃO ESTÃO COBERTAS POR VERMICULITA.....	83

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALORES DE REFERÊNCIA PARA INTERPRETAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS.....	23
TABELA 2 - GRANULOMETRIA DO REMINERALIZADOR UTILIZADO NO EXPERIMENTO .....	40
TABELA 3 - ANÁLISE QUÍMICA DO LOTE DO SUBSTRATO UTILIZADO NO EXPERIMENTO .....	40
TABELA 4 - MISTURAS DE SUBSTRATO COMERCIAL A BASE DE CASCA DE PINUS SEMIDECOMPOSTA E REMINERALIZADOR DE SOLO (V/V). .....	41
TABELA 5 - SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES UTILIZADAS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs E <i>Mimosa flocculosa</i> Burkart .....	45
TABELA 6 - PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS COMPOSTOS POR SUBSTRATO COMERCIAL (SC) E REMINERALIZADOR (R).....	49
TABELA 7 – DIÂMETRO DO COLETO, ALTURA E ROBUSTEZ DE MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs AOS 90, 120 E 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	52
TABELA 8 - MASSA SECA DA PARTE AÉREA, RAÍZES E TOTAL DE MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	55
TABELA 9 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON PARA MUDAS DE MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	57
TABELA 10 – FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE EM MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	58

TABELA 11 - AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	59
TABELA 12 - DIÂMETRO DO COLETO, ALTURA E ROBUSTEZ DE MUDAS DE <i>Mimosa flocculosa</i> Bukart AOS 90, 120 E 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	61
TABELA 13 - MASSA SECA DA PARTE AÉREA, RAÍZES E TOTAL DE MUDAS DE <i>Mimosa flocculosa</i> Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR .....	64
TABELA 14 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS DE <i>Mimosa flocculosa</i> Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR.....	65
TABELA 15 - FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE DE MUDAS DE <i>Mimosa flocculosa</i> Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR.....	67
TABELA 16 - AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE <i>Mimosa flocculosa</i> Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR.....	67

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo geral .....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1 <i>SOLANUM DIPLOCONOS</i> (MART.) BOHS .....	16
2.2 <i>MIMOSA FLOCCULOSA</i> BURKART.....	19
2.3 SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS.....	21
2.3.1 Propriedades físicas .....	23
2.3.1.1 Densidade aparente .....	23
2.3.1.2 Porosidade .....	24
2.3.1.3 Capacidade de retenção de água (CRA10).....	24
2.3.2 Propriedades químicas.....	25
2.3.2.1 Potencial hidrogeniônico - pH.....	25
2.3.2.2 Condutividade elétrica – CE .....	26
2.4 REMINERALIZADORES DE SOLO .....	26
2.5 FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO CONTROLADA (FLC).....	30
2.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS .....	32
2.7 RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA MATA ATLÂNTICA.....	34
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL .....	39
3.2 ANÁLISES E DESCRIÇÃO DE SUBSTRATOS .....	40
3.2.1 Análises físicas.....	41
3.2.1.1 Umidade atual .....	41
3.2.1.2 Densidade aparente .....	42
3.2.1.3 Porosidade total, capacidade de retenção de água.....	42
3.2.2 Análises químicas .....	44
3.2.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE).....	44
3.2.3 Seleção dos substratos a serem utilizados no experimento.....	44
3.3 PRODUÇÃO DE MUDAS.....	45
3.3.1 Formulação, preparo dos substratos e adubação .....	45
3.3.2 Delineamento experimental.....	45

3.3.3 Semeadura, repicagem e raleamento .....	46
3.3.3.1 <i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs.....	46
3.3.3.2 <i>Mimosa flocculosa</i> Burkart.....	46
3.3.4 Avaliações .....	47
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
4.1 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SUBSTRATO.....	48
4.2 <i>SOLANUM DIPLOCONOS</i> (MART.) BOHS .....	51
4.2.1 Análises morfométricas aos 90, 120 e 150 dias .....	51
4.2.2 Massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total.....	55
4.2.3 Índice de qualidade de Dickson.....	57
4.2.4 Facilidade de retirada do tubete .....	58
4.2.5 Agregação de raízes ao substrato.....	59
4.3 <i>MIMOSA FLOCCULOSA</i> BUKART .....	61
4.3.1 Análises morfométricas aos 90, 120 e 150 dias .....	61
4.3.2 Massa seca da parte aérea, raízes e total.....	63
4.3.3 Índice de qualidade de Dickson.....	65
4.3.4 Facilidade de retirada do tubete – FRT .....	66
4.3.5 Agregação de raízes ao substrato.....	67
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>82</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Em razão dos processos históricos de uso e ocupação do território, a Mata Atlântica teve sua cobertura florestal fortemente alterada ao longo dos anos, gerando um déficit de vegetação nativa em relação ao mínimo disposto na legislação vigente e um risco eminente de perda progressiva da qualidade dos serviços ambientais gerados pelos remanescentes desse bioma, o que pode impactar de maneira significativa as atividades econômicas desenvolvidas em sua área de ocorrência. Uma das formas mais efetivas de se recuperar as funções ecológicas de uma área, especialmente em áreas com baixa resiliência, é a através do plantio de mudas florestais nativas em conjunto ou não com outras metodologias de restauração florestal (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009).

A produção de mudas florestais nativas possui diversas peculiaridades devido a diversidade requerida pelos projetos, que muitas vezes envolvem mais de 50 espécies, e que, naturalmente, respondem de maneira diferente a fatores como irrigação, tipo de substrato, embalagem, adubação, etc... (GERVASIO et al, 2016; PINTO et al., 2016; CUNHA-NETO et al., 2018; GOMES et al., 2019) Assim, para se buscar a máxima qualidade das mudas florestais, associadas aos menores custos e menores impactos aos recursos utilizados, é fundamental que sejam determinadas doses racionais de uso de insumos, assim como validadas condições gerais para a produção de cada espécie.

*Solanum diploconos* é uma espécie típica do interior de florestas mistas do sul e sudeste do Brasil, sendo considerada uma espécie em risco de extinção, mas que é frequentemente utilizada em projetos de restauração na fase de enriquecimento, devido a sua boa tolerância ao sombreamento e relativa facilidade de coleta de sementes. Além disso, a espécie possui um grande potencial nutricional inexplorado devido aos seus frutos, que são comestíveis e muito ricos em pró-vitamina A e carotenoides em geral (SOARES; MENTZ, 2006; RIBEIRO et al., 2016; SOCIEDADE CHAUÁ, 2018).

*Mimosa flocculosa* é uma espécie com ocorrência bastante restrita, sendo encontrada apenas em pequenas partes dos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. A planta possui porte baixo e crescimento muito rápido, fatores que a tornam interessantes para projetos de restauração florestal que contemplem outras formas

de vida além de árvores de grande porte. A planta possui um grande potencial melífero e também pode ser utilizada como componente de sistemas integrados de produção animal, sendo uma rica fonte de proteínas para ruminantes (CARVALHO, 2002; PEGORARO, et al., 2017).

Apesar disso, ainda são raros os estudos acerca de ambas as espécies, especialmente os que dizem respeito ao uso racional de adubação e composições de substratos viáveis para produção de mudas, assim como os padrões adequados de qualidade para cada espécie.

Os insumos utilizados para composição de substratos de produção de mudas florestais são geralmente subprodutos oriundos de outras atividades econômicas mais rentáveis ou são materiais abundantes em um determinado local. Os materiais utilizados devem reunir boas qualidades físicas e químicas para que possam prover meios adequados ao crescimento das mudas, e devem ter um custo baixo para não gerar impactos significativos no valor final da muda. Para se obter o substrato ideal do ponto de vista técnico e econômico, é muito comum que se misture mais de um material com objetivo de se buscar um equilíbrio entre as características desejadas (KLEIN, 2015).

Os fertilizantes, por sua vez, devem fornecer nutrientes de maneira eficiente às mudas e, preferencialmente, terem liberação gradual, para que não se percam por lixiviação e não impactem o custo final da muda devido ao excesso de mão de obra para sua aplicação. Nesse sentido, a utilização de fertilizantes de liberação controlada tem crescido no setor florestal e pode ser considerada uma tendência de utilização na atualidade (ROSSA, et al., 2015).

Os remineralizadores de solo, também conhecidos como pós de rocha, surgem como uma alternativa para reduzir o custo com insumos e alterar positivamente algumas características do substrato, como o pH e a capacidade de retenção de água, além de fornecer parte dos nutrientes às plantas, suprimindo as funções de composição de substrato e de auxílio na adubação (EHLERS; ARRUDA., 2014a). Esse material é um subproduto da atividade de mineração, que geralmente advém de rochas basálticas e comumente é descartado pela indústria, se tornando um material de difícil disposição final e que ocupa grande volume nos pátios de produção, sendo tratado como um passivo para o setor, caso não seja transformado em insumo agrícola.

Este trabalho buscou verificar a viabilidade da utilização de remineralizador de solo como componente do substrato e do uso de fertilizantes de liberação controlada (FLC) para a produção de mudas de *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs e *Mimosa flocculosa* Burkart em tubetes.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade da utilização de remineralizador de solo como componente do substrato e de fertilizante de liberação controlada (FLC) na produção de mudas de *Solanum diploconos* e *Mimosa flocculosa*.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência da adição de diferentes doses de remineralizador ao substrato comercial sob as propriedades físicas e químicas;
- Determinar quais doses do remineralizador de solo e de FLC contribuem de maneira mais significativa para o crescimento das mudas;
- Verificar se existe interação na utilização conjunta de FLC e remineralizador de solo para a produção de mudas das espécies em questão.

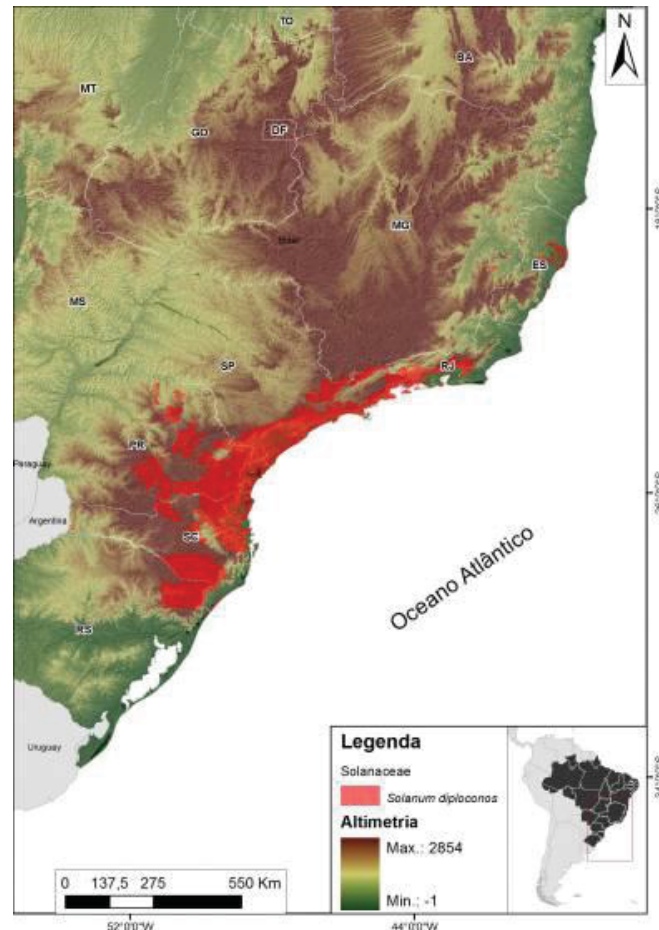
## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs

*Solanum diploconos* (Mart.) Bohs (Solanaceae), apresenta porte de arbusto ou arvoreta com até 4 m de altura (SOARES; MENTZ, 2006) e possui ocorrência restrita ao bioma Mata Atlântica, nas fitofisionomias Floresta ombrófila mista, Floresta ombrófila densa e Floresta estacional semidecidual (STEHMANN et al., 2009). Ocorre de maneira geral, em ambientes semi-sombreados, como bordas de matas e clareiras em meio a floresta (WCMC, 1998; CNCFLORA, 2019), seus nomes populares mais conhecidos são Baga-de-veado, Baga-de-bugre e Tomatinho-do-mato.

Sua distribuição ocorre em todos os estados das regiões Sudeste e Sul (FIGURA 1), com uma área de ocorrência de 539.795 km<sup>2</sup> (CNCFLORA, 2019).

FIGURA 1 - ÁREA DE OCORRÊNCIA DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs



FONTE: CNCFLORA (2019)

Sob o ponto de vista morfológico (FIGURA 2), a espécie apresenta galhos glabros a moderadamente pilosos ou puberulentos. As folhas são membranáceas à coriáceas, simples, com filotaxia alterna, possuem dimorfismo bastante acentuado, com a presença de limbos inteiros e 3-5 lobados e tricomas de coloração levemente amarelada na parte abaxial, especialmente próximos à venação da folha e glabros a levemente pubescente na face adaxial. As inflorescências tem de 3 a 15 cm, com 10 a 20 flores. As corolas são campanuladas, possuem de 1,5 a 2 cm de diâmetro, raio de 8 a 17mm, levemente coriáceas, nas cores roxo, branco esverdeado, com variação para verde-amarelado com a senescência. Os frutos possuem de 2-6 x 2-3 cm e forma elipsoidal, são obtusos no ápice, com coloração amarela a alaranjado quando maduros, se apresentando densamente puberulentos quando jovens e glabrescentes

quando maduros, além de conter de 130 a 360 sementes/fruto. As sementes medem de 2-3 x 2-3 mm, são achatadas e levemente puberosas (SOARES; MENTZ, 2006; BOHS, 1994, CHAUÁ, 2018).

FIGURA 2 - INDIVÍDUO ADULTO, FOLHAS, INFLORESCÊNCIA E FRUTOS VERDES DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs



FONTE: CHAUÁ (2018)

As sementes são do tipo ortodoxas e não apresentam variação significativa na germinação em resposta ao armazenamento por um ano em refrigerador, com percentual de germinação superior a 80%. As sementes levam de 5 a 35 dias para germinação completa, com as melhores taxas obtidas nas temperaturas de 20 e 25°C com presença de luz, e destaca que a espécie possui grande tolerância à repicagem, com taxa de 100% de sobrevivência quando transferidas para tubetes. Quando submetidas a testes de campo, a espécie tem preferência por ambientes sombreados, com índices de sobrevivência e crescimento superiores àqueles plantados diretamente sob o sol, podendo ser considerada uma espécie típica de sub-bosque (HOFFMAN, 2014).

*S. diploconos* está listada a nível internacional, nacional e estadual como uma espécie ameaçada de extinção, sendo na lista da IUCN como NT (Quase ameaçada), na CNCFlora como LC (Menos preocupante) e na lista estadual do RS, como EN B1ab (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

A dispersão dos seus frutos é do tipo zoocórica, com consumo por mamíferos, aves e até répteis, segundo estudo realizado por Rigacci, (2020), onde o autor registrou consumo dos frutos de *S. diploconos* por gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris* Lund, 1840), gambá-de-orelha-preta (*Didelphis aurita* (Wied-Neuwied, 1826)), macaco-prego (*Sapajus nigritus* (Goldfuss, 1809)), sabiá-do-barranco (*Turdus leucomelas* Vieillot, 1818), tiê-de-bando (*Habia rubica* (Vieillot, 1817)) e teiú-comum (*Salvator merianae* AM.C. Duméril & Bibron, 1839), o que mostra o seu potencial como espécie fornecedora de recursos alimentares para a fauna. A floração da espécie

acontece entre outubro e janeiro e a produção de frutos entre janeiro e julho (SOARES; MENTZ, 2006)

Recentemente, *Solanum diploconos* teve sua composição fitoquímica descrita por Ribeiro et al. (2016), tendo sido encontrada uma composição diversa de compostos fenólicos e níveis muito altos de  $\beta$ -caroteno, se caracterizando como um importante antioxidante e fonte de pro-vitamina A, com destaque para o seu grande potencial de geração de novos produtos baseados em seus compostos bioativos. Além disso, pode ser considerada uma espécie com alto potencial ornamental, devido a sua tolerância à sombra, folhagem vistosa e flores arroxeadas (CHAUÁ, 2018).

Não existem registros formais de plantios comerciais da espécie, entretanto há um relato de plantio com fins produtivos na Nova Zelândia que não foi bem-sucedido, sem maiores detalhes técnicos (CHAUÁ, 2018).

## 2.2 *Mimosa flocculosa* Burkart

*Mimosa flocculosa* Burkart (Leguminosae), conhecida popularmente por Bracating-de-Campo-Mourão ou Bracatinga Rosa, é uma arvoreta com altura que varia de 1,5 a 5m e DAP de 5 a 15cm, com tronco irregular e ramificado. A ocorrência da espécie no Brasil é bastante restrita, se limitando apenas a uma pequena parte do noroeste e centro-oeste do estado do Paraná e manchas no sul do Mato Grosso do Sul (FIGURA 3), nos biomas cerrado e mata atlântica e fitofisionomias da floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila mista, sendo uma espécie de ecótono. Além do Brasil, há registro da espécie no Paraguai, onde possui distribuição mais ampla. Com relação ao clima de ocorrência, a espécie é registrada em locais com precipitação que variam de 1.300 a 2.100mm, temperaturas médias anuais 19,2 a 23°C em áreas nativas e de até 16°C em áreas cultivadas experimentalmente, onde é relatada como tendo grande tolerância às geadas e boa capacidade de rebrota após danos nos ponteiros (CARVALHO, 2002).



FIGURA 3 - MAPA DE OCORRÊNCIA DE *Mimosa flocculosa* Burkart

FONTE: CARVALHO (2002)

Do ponto de vista ecológico, a espécie se comporta como pioneira, heliófila tolerante a baixas temperaturas, com ciclo de vida muito curto, variando de 1 a 5 anos, sendo considerada uma colonizadora de ambientes abertos. *M. flocculosa*, pode ser encontrada em ambientes úmidos e sujeitos a períodos de encharcamento, onde forma agrupamentos densos, sendo tolerante a ambientes com essas características e mais longa nessas condições. Os solos preferenciais de ocorrência natural podem possuir características hidromórficas, sendo as classes mais comuns os gleissolos melânicos e háplicos, cambissolos húmico gleico, ou serem bem drenados, como é o caso dos cambissolos húmicos alumínicos (CARVALHO, 2002).

A planta apresenta folhas compostas, bipinadas e paripinadas que se apresentam em pares opostos, com coloração verde-prateada e fortemente pilosas. A casca é marrom clara à escura, lisa, com espessura média de 5mm, apresentando cicatrizes deixadas pela queda dos galhos. A casca interna é da cor amarelo-esverdeada. A inflorescência se apresenta nos ramos terminais, com até 30cm de comprimento, sendo composta por flores róseas, numerosas, com período de floração de setembro a maio, sendo polinizada por insetos em geral, com destaque para as

abelhas. O fruto é do tipo craspédio, segmentado, formado por cerca de três artículos, sendo deiscente no septo superior, com coloração alaranjado/ferrugíneo, levemente piloso, com indumento setoso, medindo cerca de 2cm de comprimento e contendo até cinco sementes. A dispersão é do tipo autocórica, por baricoria, e também zoocórica. As sementes possuem forma irregular, cor marrom-escura à ocre, sendo levemente brilhantes e cerca de 4mm de comprimento. A frutificação se inicia de abril a junho, com maturação completa de julho a outubro. (CARVALHO, 2002).

Em revisão recente de Pegoraro et al. (2017), os autores destacam o grande potencial melífero da espécie, que é capaz de fornecer néctar e pólen durante todo o dia, tendo uma capacidade estimada de produção de mel de cerca de 59,9kg de mel/ha na densidade de 1667 plantas/ha em ambientes degradados. Pegoraro; Carpanezzi, (1992) acreditam que a espécie possui grande potencial para incrementar os pastos apícolas especialmente no outono, quando há baixa oferta de néctar/pólen por boa parte das espécies nativas. Estes aspectos reforçam a competência múltipla da espécie, que pode atuar como recuperadora de ambientes degradados, gerar renda e ainda disponibilizar recursos alimentares para outros grupos de insetos, além das abelhas melíferas.

Leme; Durigan; Ramos (1994), ao analisarem diversas espécies arbóreas nativas com potencial forrageiro para animais, verificaram que *M. flocculosa* possui teores adequados de proteína bruta (13 a 14%), apesar da baixa digestibilidade *in-vitro*, sendo suas folhas apreciadas por equinos, caprinos, bovinos e outros ruminantes. A análise realizada pelos autores verificou ainda a presença de tanino (8 a 10%), que poderia, eventualmente, ser explorado pela indústria.

Somadas às potencialidades produtivas, a espécie ainda possui associação com uma ampla variedade de bactérias fixadoras de nitrogênio e tem tolerância para solos ácidos e com altos teores de alumínio (MARCHETTI; SANTOS; BARATTO, 2017), o que reforça a sua aptidão para recuperação de áreas degradadas e restauração florestal, com destaque para áreas ciliares, devido sua vocação para ocupar áreas úmidas.

## 2.3 SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS

A busca por materiais que propiciem um meio de crescimento adequado para plantas remonta da antiguidade, quando agricultores utilizavam resíduos orgânicos,

turfas e rochas na elaboração de substratos para a produção de gêneros alimentícios de maneira mais controlada. Os primeiros registros de comercialização desse tipo de material são da Europa, especialmente após a Segunda Guerra Mundial. A princípio, os substratos eram utilizados para a produção de flores, mas seu uso foi posteriormente aderido por atividades como a olericultura, fruticultura, cafeicultura, produção de fumo e cana de açúcar. O interesse no uso de substratos para produção de mudas florestais se deu, de maneira mais efetiva, com o início da utilização de tubetes nos anos 90 (FERMINO; MIETH, 2018).

Os substratos para cultivo são definidos por Gonçalves et al. (2000) como sendo a matéria prima que irá exercer a função do solo quando usado para a germinação, enraizamento ou cultivo de plantas em recipientes. Geralmente um substrato é composto por mais de um componente, sendo comum a adição de condicionadores para melhorar as características físicas e/ou químicas a depender das necessidades da espécie.

Apesar das misturas serem muito comuns na formulação de novos substratos, devido à necessidade de redução de custos e necessidades intrínsecas às plantas ou aos recipientes, os resultados costumam ser melhores quando se utilizam até três materiais diferentes, já que a mistura em excesso torna difícil o controle dos efeitos gerados, podendo haver melhoria de uma característica em detrimento de outra (FERMINO; MIETH, 2018).

Para Wendling; Dutra; Grossi (2006), a principal função do substrato é fornecer sustentação para a muda e propiciar condições apropriadas para seu crescimento e desenvolvimento do sistema radicial, assim como fornecer os nutrientes necessários ao crescimento da planta. Por isso, deve estar livre de sementes de plantas invasoras, microrganismos patogênicos e pragas para que não seja necessário desinfetá-lo antes de sua utilização e, conseqüentemente, aumentar os custos.

Os substratos compostos por resíduos de outras atividades econômicas estão se mostrando alternativas viáveis, do ponto de vista econômico e técnico, para a produção de mudas florestais e surgem como uma alternativa aos produtos comerciais geralmente utilizados pelos viveiristas (ABREU et al., 2017), pois são capazes de reduzir os custos, ao mesmo tempo que podem incrementar as qualidades físicas e/ou químicas e contribuir para a melhoria da qualidade final das mudas produzidas (KRATZ et al., 2017).

Gonçalves; Poggiani (1996) desenvolveram uma escala de valores para interpretação de propriedades físicas e químicas de substratos que podem ser utilizados como referência para a produção de mudas de espécies florestais (TABELA 1).

TABELA 1 - VALORES DE REFERÊNCIA PARA INTERPRETAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS

Propriedades	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
<b>Físicas</b>				
Densidade aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50	0,45 - 0,55
Porosidade total (%)	< 55	55 - 75	> 75	75 - 85
macroporosidade (%)	< 20	20 - 40	> 40	35 - 45
microporosidade (%)	< 25	25 - 50	> 50	45 - 55
Capacidade máx. de retenção de água ( $\text{mL } 50 \text{ cm}^{-3}$ )	< 15	15 - 25	> 25	20 - 30
<b>Químicas</b>				
Relação C total/N total	8 a 12/1	12 a 18/1	> 18/1	8 a 12/1
pH em $\text{CaCl}_2$ 0,01 M	< 5,0	5,0 - 6,0	> 6,0	5,5 - 6,5
P resina ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	< 200	200 - 400	> 400	400 - 800
K trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	< 15	15 - 30	> 30	30 - 100
Ca trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	< 100	100 - 150	> 150	100 - 200
Mg total ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	< 50	50 - 100	> 100	50 - 100
CTC efetiva ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	< 100	100 - 200	> 200	> 200

FONTE: GONÇALVES; POGGIANI (1996) apud KRATZ (2011).

Apesar de existirem valores de referência, diversos autores ressaltam que diferentes espécies poderão apresentar comportamentos distintos em um mesmo substrato, sendo necessário fazer uma verificação com rigor científico para estabelecer qual substrato ou combinação irá propiciar o melhor desenvolvimento das mudas (SMIDERLE et al., 2001; CUNHA et al., 2006; KRATZ et al., 2013).

### 2.3.1 Propriedades físicas

#### 2.3.1.1 Densidade aparente

A densidade aparente, é a relação entre a massa e o volume do substrato que pode ser expresso em  $\text{g.L}^{-1}$  ou  $\text{kg.m}^{-3}$ . Essa medida é especialmente importante pois é utilizada no cálculo de outras propriedades como disponibilidade de água ou porosidade total. Substratos muito leves são tidos como inadequados para recipientes muito altos por não formarem um torrão adequado, enquanto substratos muito densos

são inadequados para recipientes muito rasos, por terem poucos espaços ocupados por ar e, conseqüentemente, pouco espaço para aeração (FERMINO; MIETH, 2018).

De acordo com a literatura, os valores ideais de densidade para substratos florestais em diferentes tamanhos de recipientes estão entre 250 a 800 g.L<sup>-1</sup> (BUNT, 1961; KAMPF, 2005).

#### 2.3.1.2 Porosidade

A porosidade total pode ser definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólido de uma determinada amostra, ou seja, o espaço não sólido contido no substrato, sendo expressa em percentual. Esse parâmetro é importante pois expressa a capacidade de retenção de água e de troca gasosa entre o substrato e o meio externo e prediz sobre a manutenção da temperatura no interior do substrato (FERMINO; MIETH, 2018). Entretanto, a porosidade total é um parâmetro não tão informativo pois não define o espaço dos poros existentes, de maneira que o espaço poroso total pode ser ocupado por diferentes quantidades de água e ar (WALLER; WILSON, 1984).

#### 2.3.1.3 Capacidade de retenção de água (CRA10)

A capacidade de retenção de água pode ser definida como sendo a quantidade de água retida por um substrato após ser submetido a uma tensão de coluna d'água (hPa), sendo considerada "água facilmente disponível" o volume de água liberado entre 10 e 50 hPa de tensão e "água tamponante" o volume de água liberado entre 50 hPa e 100 hPa de tensão (DE BOODT; VERDONCK, 1972)

O volume de água retido no substrato a 0 hPa ou 100% saturado irá definir a porosidade total (PT) do substrato; já a tensão 10 hPa irá determinar o volume de ar presente no substrato após cessar a livre drenagem. Dessa maneira, a diferença entre a PT do substrato e o volume de água retido a 10 hPa irá corresponder ao espaço de aeração (EA) do substrato (DE BOODT; VERDONCK, 1972).

Não existe uma definição precisa para valores de CRA. No entanto, segundo Martínez (2002), uma CRA10 entre 20 e 30% do seu volume pode ser considerado um bom valor para um substrato florestal. Wendling; Dutra; Grossi (2006) afirmam que os substratos com menor CRA irão exigir maior frequência ou um volume maior de

água em cada irrigação, ao passo que substratos com maiores CRA irão conter mais microporos e, portanto, maior susceptibilidade ao encharcamento (GONÇALVES et al., 2000).

### 2.3.2 Propriedades químicas

#### 2.3.2.1 Potencial hidrogeniônico - pH

O pH pode ser definido como uma escala numérica adimensional que é utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa, ou seja, mostra a atividade do íon de hidrogênio, sendo expresso como logaritmo negativo de sua concentração. Diversos autores destacam este parâmetro como sendo o mais importante para o crescimento das plantas, já que impacta diretamente a disponibilidade de nutrientes e comportamento fisiológico das plantas (KAMPF, 2005; WALLER; WILSON, 1984). Nos substratos, estes valores irão variar de acordo com o tipo de material utilizado, sua origem e a maneira como foi preparado (KRATZ, 2017)

Segundo Fermiro; Mieth (2018), quando os valores de pH são inadequados a espécie, em particular quando são muito ácidos, podem afetar o crescimento das plantas, devido a menor disponibilidade de nutrientes e maior absorção de elementos tóxicos como o alumínio e manganês, apesar de destacar que a tolerâncias das espécies é variável em função de características genéticas, dado as seleção que ocorre nos ambientes de ocorrência natural.

A fim de estabelecerem valores gerais, Gonçalves; Poggiani (1996) afirmam que, para as espécies florestais, o intervalo de pH 5,5 à 6,5 se mostram adequados, o que é corroborado por Valeri; Corradini (2000) e Meurer (2007), que consideram que, em substratos com pH abaixo de 5,0, as plantas estão mais sujeitas a deficiências de potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio e boro e, quando o pH está acima de 6,5, podem ocorrer deficiências de ferro, manganês, zinco, cobre e fósforo. Entretanto, alguns estudos, mostram que espécies naturalmente adaptadas às condições de acidez, como erva-mate (KRATZ et al., 2015), bracatinga (KRATZ et al., 2014) e eucalipto (KRATZ et al., 2013), preferem substratos mais ácidos na produção de mudas.



### 2.3.2.2 Condutividade elétrica – CE

A condutividade elétrica (CE) é uma medida que propicia uma estimativa da quantidade de sais ionizados em um meio de cultivo, na medida que a quantidade de íons dissolvidos na água, são os responsáveis pela condução da corrente elétrica de acordo com sua concentração. O valor da CE é importante pois as plantas possuem tolerâncias variadas ao estresse osmótico causado pela salinidade e também pelo fato de serem utilizados como indicador do nível de nutrientes na solução do solo ou substrato (FERMINO; MIETH, 2018).

A leitura da CE é realizada por um aparelho denominado condutivímetro, sendo os valores expressos em microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) ou milisiemens por centímetro ( $\text{mS cm}^{-1}$ ). Os valores ideais da C.E. no substrato de mudas florestais variam de acordo com a espécie, há um certo consenso que valores entre 1,5 e 3,0  $\text{mS cm}^{-1}$  são adequados, apesar de não haver uma regra de valor ideal a ser atingido.

Altos valores de condutividade elétrica, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pelos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e favorecendo a incidência e severidade de alguns patógenos (RODRIGUES, 2002).

## 2.4 REMINERALIZADORES DE SOLO

Os remineralizadores de solo são regulamentados no país pela Lei nº 12.890/2013 (BRASIL, 2013) e são definidos como um material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere seus níveis de fertilidade por meio da adição de macro e micronutrientes para o desenvolvimento das plantas, além de promover a melhoria de propriedades físicas, químicas ou atividade biológica do solo.

A Instrução Normativa (IN) nº 05 de 2016 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2016) fixa “as regras sobre definições, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda de remineralizadores substratos para plantas destinados a agricultura”. Na seção III, subseção I, art 4º da IN (MAPA, 2016) são apresentadas as especificações e garantias mínimas que os produtos devem apresentar, nos quais a soma de bases ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) deve ser igual ou superior a 9%; o teor de  $\text{K}_2\text{O}$  deve ser superior a 1%; o pH

deve se apresentar conforme estabelecido pelo fabricante; e quando contiverem naturalmente fósforo e micronutrientes, podem ser declarados, desde que a natureza da rocha utilizada seja informada ao consumidor e que apresentem níveis superiores aos definidos pelo Anexo II da referida instrução normativa.

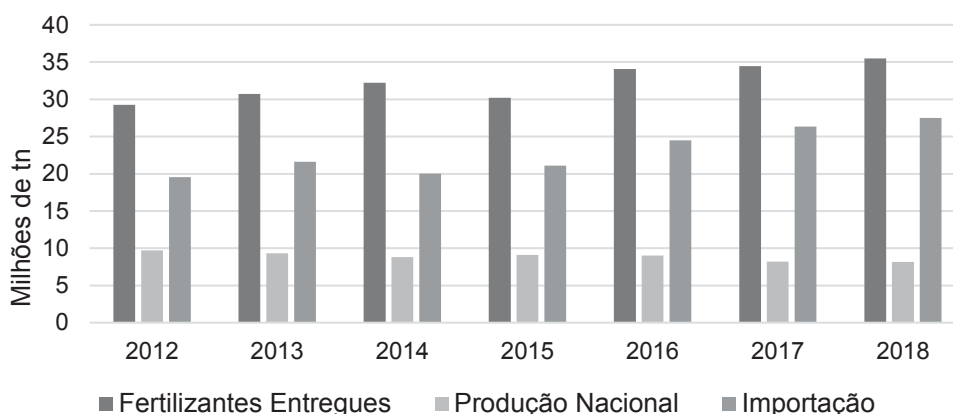
Além disso, existem limitações aos elementos potencialmente tóxicos, como Arsênico (até 15ppm), Cadmio (até 10 ppm), Mercúrio (até 0,1 ppm) e Chumbo (até 200ppm), assim como limitação para a quantidade máxima de  $\text{SiO}_2$  livre o produto, que deve ser inferior a 25%. Todas essas especificações, apesar de limitarem a quantidade de material possível de uso para fins agrícolas/florestais, visam aumentar a segurança ambiental desse produto e garantir ao consumidor, que sua utilização seja efetiva (MAPA, 2016).

A rochagem consiste na adição de remineralizadores, também conhecidos como “pós de rocha”, para alterar os padrões de fertilidade do solo, sendo as mais tradicionais a calagem e a fosfatagem (LEONARDOS; FYFE; KRONBERG, 1976). Entretanto, diversos outros minerais podem ser utilizados para correção e fornecimento de nutrientes ao solo.

Van Straaten (2002) acredita que a utilização da rochagem é uma grande oportunidade de unir o setor agrícola ao setor mineral (agrogeologia), solucionando problemas das duas cadeias produtivas: de um lado o setor mineral, que possui grande estoque de material de rejeito, que são subprodutos de outras atividades com potencial de serem utilizados na agricultura, e de outro o setor agrícola e florestal, que demandam grande quantidade de insumos anualmente para fertilizar e corrigir os solos cultiváveis no mundo.

O Brasil é um grande consumidor de fertilizantes e corretivos de solo. Segundo dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA (2019), o país importa cerca de 91% do potássio que consome na agricultura, 51% do fósforo e 75% do nitrogênio, o que faz do país o 4º maior mercado do mundo, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos. Analisando o histórico de consumo de fertilizantes no Brasil, é possível notar um incremento anual na demanda, sem, entretanto, haver incremento na produção nacional (FIGURA 4), fazendo com que a demanda internacional aumente ano a ano (ANDA, 2019).

FIGURA 4 - DEMANDA ANUAL DE FERTILIZANTES NO BRASIL, FRAÇÕES DE IMPORTAÇÃO E PRODUÇÃO NACIONAL.



FONTE: ANDA (2019). ELABORADO PELO AUTOR (2020)

Segundo Souza et al. (2011), o uso do pó de rocha é capaz de reduzir a utilização de insumos convencionais, já que pode atuar como restaurador de solos que sofrem com processos de lixiviação e erosão, possibilitando o aumento da produtividade por meio de incrementos na fertilidade do solo e beneficiando o crescimento das plantas. Melo et al. (2012) acredita que o pó de rochas basálticas pode ser utilizado como alternativa aos fertilizantes convencionais e também para a correção do pH do solo, que irá depender da composição da rocha utilizada, condição do solo e tamanho dos grãos do pó de rocha, que serão mais reativos quanto menores forem.

Theodoro; Leonardos (2006) entendem que os benefícios do pó de rocha para as plantas ocorrem em razão da melhoria de atributos químicos, físicos, biológicos e aumento da retenção de água no solo gerados pela adição do produto, que é capaz de proporcionar, entre outros efeitos, o incremento da parte aérea e raízes de diversas espécies cultivadas. Melamed; Gaspar; Miekeley (2007) destacam o caráter de liberação gradual dos remineralizadores, que faz com que o produto tenha menos perdas por lixiviação e efeito mais duradouro no solo, gerando uma fertilização progressiva e de longo prazo.

As plantas são capazes de dissolver estruturalmente a superfície de silicatos, como o feldspato e a mica, liberando nutrientes. “Em algumas situações, esse processo é realizado por secreção de ácidos de baixo grau molecular ou por meio de multiplicação seletiva e estímulo de microorganismos da rizosfera” (SCHELLER, 1998). Algumas espécies, em especial as leguminosas tropicais de solos ácidos,

possuem a capacidade de extrair alguns nutrientes, como o fósforo, que não são assimiláveis por outras plantas. Isso se deve a presença de exsudados radiculares, que são capazes de atuar sobre compostos pouco solúveis, dissolvendo-os e incorporando seus nutrientes (KHATOUNAIN, 2001).

Primavesi (2002), acredita que a ação de bactérias e fungos, em associação com as raízes das plantas são capazes de mobilizar fósforo na rizosfera, tornando-o disponível. A autora também destaca que esse ambiente favorável está diretamente associado ao equilíbrio hídrico e balanço nutricional da planta, que caso seja desfavorável, poderá gerar a morte desses microrganismos e consequente interrupção da relação benéfica existente. A adição de esterco ao composto ou solo, junto com o pó de basalto é tida como uma forma de inoculação de microrganismos potencialmente capazes de gerar simbioses e transformar nutrientes indisponíveis, em formas assimiláveis, devendo ser utilizada sempre que possível (KNAPIK, 2005).

O estado do Paraná possui grande abundância de rochas vulcânicas básicas, especialmente no terceiro planalto, com ocorrência de basaltos, dioritos, diabásios e gabro. Essas rochas possuem em sua composição química alta disponibilidade de metais alcalino-terrosos como o cálcio, potássio e magnésio, que após solubilização, podem se tornar macronutrientes na solução do solo ou substrato (SILVA, 2017).

O uso tradicional do pó de rocha se dá através da adição desse insumo incorporado ao solo, especialmente para cultivos agrícolas. Todavia, estudos desenvolvidos por Nolasco; Guerrini; Benedetti (2000); Knapik (2005); Knapik; Angelo (2007); Welter et al. (2011); Prates et al. (2012); Ehlers; Arruda (2014a; 2014b) mostraram potencialidades na utilização do pó de rocha também para a composição de substratos para produção de mudas florestais.

A utilização de pó de rocha basáltica como fonte parcial de nutrientes pode custar até 20 vezes menos que o uso de insumos convencionais, devido à alta disponibilidade dessas rochas no Brasil e pelo fato dela ser subproduto de outra atividade mais lucrativa (THEODORO, 2000). Assim, a eventual utilização desse insumo para composição de substratos de mudas florestais poderia também ser um fator de redução de custos, já que seu valor de mercado, em geral, é inferior aos substratos tradicionalmente utilizados para a produção de mudas florestais, ficando grande parte do custo, vinculado ao frete.

## 2.5 FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO CONTROLADA (FLC)

O bom desempenho de um projeto florestal está diretamente ligado a qualidade das mudas produzidas, sejam elas para fins comerciais ou para restauração florestal. A principal forma de se obter plantas saudáveis e, conseqüentemente, com maiores chances de sobrevivência no campo, é a correta adubação em diferentes fases de seu crescimento no viveiro. A adubação no viveiro, de maneira geral, ainda é realizada através do uso de fontes prontamente disponíveis, que favorecem uma rápida absorção de nutrientes, porém, nessa forma de adubação, os nutrientes adicionados estão muito suscetíveis à lixiviação, uma vez que se utiliza uma frequência muito alta de irrigações em viveiros, associado a substratos muitas vezes com baixa capacidade de troca catiônica (DUTRA et al., 2016).

Uma das maneiras de se reduzir as perdas por lixiviação é o parcelamento, que consiste na aplicação da adubação em parcelas de acordo com a fase de desenvolvimento da planta. Contudo, esse método, especialmente se utilizado em larga escala, acaba por aumentar o custo de produção final da muda, já que depende de muitas operações (WILSEN; BOTREL, 2009).

Os fertilizantes de liberação controlada (FLC) ou fertilizantes de liberação lenta (FLL) são alternativas aos adubos solúveis, e hoje vem ganhando espaço nos viveiros florestais. Os FLC são classificados em grupos que podem ser separados da seguinte maneira: peletizados, quimicamente alterados e recobertos. Os peletizados são apresentados na forma de *pellets*, cuja liberação dos nutrientes está relacionada com a ação microbiana. Os quimicamente alterados convertem parte dos nutrientes em formas insolúveis em água, tornando-os menos disponíveis e lixiviáveis. O terceiro grupo, que é também o mais moderno, são conhecidos como encapsulados, e são compostos por nutrientes solúveis envoltos em uma resina permeável a água que controla a liberação no meio de cultivo (VALERI; CORRADIN, 2000; BRODANI, 2008).

Todos eles possuem formulações variadas e diferentes tecnologias patenteadas. Os mais modernos são compostos por NPK e outros macro e micronutrientes, envoltos por uma resina orgânica biodegradável, que funciona como membrana semipermeável, e se dilata e contrai por meio da ação da temperatura e umidade, gerando uma liberação gradual e osmótica de nutrientes à solução do substrato, proporcionando à planta maiores possibilidades de absorver, distribuir e

utilizar os nutrientes de maneira mais adequada (SCIVITTARO et al., 2004; ROSSA et al., 2013).

Apesar do custo de aquisição ser mais alto que as alternativas tradicionais de adubação, a utilização do FLC tem sido economicamente viável para uso em viveiros florestais devido à redução da mão de obra, de custos de investimento em sistemas de fertirrigação (MORAES-NETO et al., 2003) e melhoria na homogeneidade das mudas, já que o fertilizante é adicionado em dose única na adubação de base do substrato e tem sua liberação ao longo do ciclo da planta, reduzindo ou eliminando a necessidade da adubação de cobertura no viveiro (ROSSA, et al., 2013).

No mercado são encontradas formulações de FLC encapsulados com disponibilização de nutrientes que variam de 3 a 14 meses, em grânulos de tamanho convencional e reduzido (*mini-prills*), sendo estes mais adequados à utilização em recipientes de menor volume, como é o caso dos tubetes, já que se homogeneizam melhor ao substrato, garantindo uma adubação igualmente distribuída entre os recipientes.

Na área florestal, diversos estudos tem mostrado a efetividade do uso desse tipo de fertilizante para a produção de mudas de diferentes espécies como *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (PIAS et al., 2013), *Tamarindus indica* L. (MENDONÇA et al., 2008; SANTOS et al., 2018), *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, *Schinus terebinthifolia* Raddi (ROSSA et al., 2013), *Aspidosperma parvifolium* A.DC (MENEGATTI et al., 2017), *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (MEZZOMO, 2016), *Guazuma ulmifolia* Lam, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Croton floribundus*, Spreng., *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook.f. ex K.Schum. (MORAES NETO et al., 2003a; 2003b), *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (ROSSA et al., 2011), *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (BRODANI, 2008; ROSSA, 2015), *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (AGUILAR, 2020), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake (DRANSKI; SONDA; JUNIOR, 2019), além de diversos estudos com espécies exóticas comerciais. Os autores supracitados encontraram respostas diferentes dependendo da espécie e substrato utilizado, sendo necessária a realização de experimentos com diferentes doses de FLC para avaliar a eficiência técnica e econômica na produção de mudas florestais e, ainda, se o uso conjunto com substratos de diferentes formulações pode impactar no crescimento das mudas.



## 2.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS

A determinação da qualidade das mudas florestais deve se basear em aspectos morfológicos e fisiológicos. Essas características são determinadas por fatores genéticos, procedência das sementes, condições ambientais, tratos culturais, técnicas e estrutura de produção para se expressarem. Os parâmetros fisiológicos muitas vezes são difíceis de serem mensurados e analisados, sendo os morfológicos os mais utilizados em razão de sua facilidade de mensuração e correlação com comportamento de campo (GOMES; PAIVA, 2012).

Sendo assim, a avaliação da qualidade de mudas florestais em viveiros geralmente é realizada por meio da mensuração de variáveis morfológicas, sendo os parâmetros mais comuns o diâmetro do coleto (DC) e a altura (H), por serem características de fácil determinação, sem desconsiderar avaliações mais amplas que analisam a biomassa seca das partes aéreas (MSPA), radicial (MSR) e total (MST), além de suas relações expressas por meio de índices como a Robustez e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea é a variável de mais fácil avaliação em um viveiro e, tradicionalmente, é a mais utilizada para avaliação da qualidade de mudas por não ser destrutiva e de alta eficiência. Entretanto, é importante que este não seja o único parâmetro a ser considerado na determinação da qualidade de mudas, uma vez que fatores ambientais como o sombreamento, densidade de mudas ou adubação nitrogenada em excesso podem gerar mudas altas, porém sem qualidade, já que se apresentarão estioladas e/ou com menor massa seca, indicando que suportarão menos as condições de campo. Da mesma forma, não é um parâmetro que deve ser comparado entre espécies, já que cada um apresentará uma altura ideal para ir a campo, que deve ser determinada para cada espécie (GOMES; PAIVA, 2012).

O diâmetro do coleto é uma variável também fácil de ser mensurada. Apesar de sua aquisição ser mais lenta que a altura, é considerado como um dos parâmetros mais importantes para estimar sobrevivência de plantas no campo, já que é uma das melhores características morfológicas para antever o padrão de qualidade de mudas florestais, sendo um indicador de rustificação. Essa característica se mostra fundamental pelo fato de se correlacionar fortemente a outros parâmetros, chegando a explicar de 70 a 80% das diferenças de peso de matéria seca (GOMES; PAIVA, 2012).

A massa seca é considerada a variável mais consistente para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois o desenvolvimento vegetativo de uma planta é resultante da diferença entre os ganhos em carbono oriundos da fotossíntese e as perdas via respiração. Esse processo é conhecido como saldo do balanço de CO<sub>2</sub>, assim, quando o carbono não é consumido, ele se converte em massa seca na planta (LARCHER, 2000).

Segundo Araujo et al. (2018), quanto maiores forem os valores da massa seca da parte aérea de mudas florestais, mais rustificadas estarão para suportarem as condições adversas do campo. Gomes; Paiva (2012) acreditam que, dentre todos os parâmetros morfológicos, o peso de matéria seca é o que apresenta melhores correlações com crescimento inicial em campo e menores mortalidades das mudas. Entretanto, Fernandes et al. (2019) destaca que este método de avaliação, por se tratar de uma variável determinada por um método destrutivo, acaba sendo dispendioso em tempo e dinheiro, o que inviabiliza sua realização por viveiros comerciais, sendo aplicado geralmente no âmbito da pesquisa.

O peso de matéria seca da parte aérea é um forte indicador da rusticidade das mudas, já que em mudas sombreadas ou estioladas por excesso de nitrogênio ocorrerá uma baixa produção de matéria seca, gerando mudas menos aptas ao campo. Esse parâmetro se relaciona também com peso de matéria seca de raízes, que apesar de ser o mais dispendioso em tempo e de possuir certa imprecisão devido à perda de massa radicial na retirada do substrato, é considerado como um dos parâmetros mais importantes para estimar a sobrevivência e crescimento de mudas em campo, já que um sistema radicial mais abundante e fisiologicamente ativo será fundamental para a aquisição de água de nutrientes na solução do solo nos momentos iniciais pós plantio e acaba exprimindo melhor o sucesso da muda no campo que outros parâmetros como a altura isoladamente (GOMES; PAIVA, 2012).

A facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e a agregação de raízes ao substrato (ARS) são metodologias desenvolvidas por Wendling; Guastala; Domingos (2006). Em FRT, os autores padronizam uma maneira empírica de avaliar o quão fácil se dá a retirada de uma muda do tubete após sua boca ser batida 3 vezes contra uma mesa, atribuindo notas de 1 a 10, em que 1 representa muito difícil e 10 muito fácil de retirar do tubete. Já em ARS os autores sugerem que as mudas sejam soltas de uma altura de 1m em queda livre, sendo atribuída a nota 10 ao torrão mais preservado e nota 1 ao torrão mais esborado. Os autores destacam que é necessário

um treinamento prévio para balizamento do executor. Ambas as metodologias tem sido usada por autores como Stuepp (2017), Fragoso et al. (2016), Kratz; Wendling (2016), Boene et al. (2013), Kratz (2011), Wendling; Guastala; Dedecek (2007), entre outros.

Além das avaliações de altura e diâmetro isoladamente, é importante entender a relação entre esses parâmetros que, segundo Carneiro (1995), exprime um equilíbrio do crescimento, relacionando esses dois parâmetros em um índice. A relação entre altura da muda e diâmetro do coleto (H/D), também conhecido como índice ou quociente de robustez, é um importante indicador de qualidade, já que mudas com relação H/D inadequada pode ter dificuldade de se manterem eretas em campo e estão mais suscetíveis ao tombamento e aumento das perdas pós-plantio. (ABREU et al., 2017; JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005)

Segundo Bircher et al. (1998), mudas de qualidade superior devem apresentar relação H/D inferiores a dez, sendo considerada melhor quando mais baixo for seu valor, pois fornece informação de quão delgada é a muda. Assim, mudas com menor diâmetro de colo e alturas elevadas são consideradas de qualidade inferior àquelas menores com maior diâmetro (PINTO et al., 2016).

Além do índice de robustez que leva em consideração apenas os parâmetros morfológicos da parte aérea, existe também o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), no qual são utilizados em seu cálculo, além da robustez (H/D), o equilíbrio de distribuição da biomassa seca das partes aérea (MSPA) e radicial (MSR), gerando a relação (MSPA/MSR), tornando-se um índice mais abrangente, que leva em consideração características morfológicas importantes para a avaliação da qualidade da muda de maneira mais completa (GONZAGA, et al., 2016; MENGATTI et al., 2017). Nesse índice, quanto maior o IQD, melhor é qualidade da muda produzida (GOMES, 2002; CALDEIRA, et al., 2012).

## 2.7 RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica está presente em 17 estados do Brasil e concentra cerca de 70% da população em sua área de abrangência, sendo composta por diferentes formações vegetacionais e variações geográficas que permitem grande diversidade de habitats para animais e plantas. Mesmo restando apenas 12,6% de sua cobertura original, se considerados os remanescentes maiores que três hectares (INSTITUTO

NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2019), essas características fazem com que o bioma seja considerado um dos *hotspots* de biodiversidade no mundo. Para qualificar-se como tal, uma região deve preencher pelo menos dois critérios: abrigar no mínimo 1.500 espécies de plantas vasculares endêmicas e ter 30% ou menos da sua vegetação original (extensão da cobertura do habitat histórico) mantida (MITTERMEIER et al., 2004).

Apesar dos esforços para criação de unidades de conservação e de marcos legais como a Lei nº 11.428/2006 (BRASIL, 2006), conhecida como a Lei da Mata Atlântica, menos da metade dos estados que compõem o bioma registraram desmatamento zero no último ano. O estado Paraná figura em terceiro lugar no *ranking* de estados que mais desmataram a Mata Atlântica, com perda de 2.049 hectares registrados entre os anos de 2017 e 2018 (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2019).

O estado do Paraná apresenta diversas formações vegetacionais, sendo as principais a Floresta Estacional Semidecidual, localizada a oeste do estado, a Floresta Ombrófila Densa, no litoral, e a Floresta Ombrófila Mista (FOM), que está presente na região centro-sul do estado, sendo esta tipologia florestal, formada pela mistura de espécies de diferentes origens, com presença marcante de plantas da família Lauraceae em associação com gminospermas. É uma unidade fitogeográfica de grande importância ecológico-econômica, por sua característica exclusiva de abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira, a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. (PARIZOTTO et al., 2018; NARVAES et al., 2005) e diversas outras espécies associadas, tanto ecológica, quanto fitogeograficamente.

As florestas possuem não só a função de preservação de fauna e flora e a geração direta de renda, mas também são importantes geradoras de serviços ambientais, que podem ser entendidos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas em suas múltiplas dimensões (HASSAN; SCHOLLES, 2005). O conceito tem implícito a ideia de valor econômico ou valor de uso e de benefícios ambientais provenientes de intervenções humanas na dinâmica dos ecossistemas. Os serviços ambientais podem ser classificados em: serviços de suporte, como o processo de formação dos solos e a polinização; serviços de provisão, como a produção de alimentos e fibras naturais, madeira e água; serviços de regulação, que englobam os benefícios obtidos como a manutenção da qualidade do ar, o controle da poluição e regulação do clima; e, por fim, os serviços culturais, que são os benefícios não

materiais obtidos dos ecossistemas e que contribuem para o bem-estar da sociedade, como oportunidades de lazer, ecoturismo e recreação (MMA, 2010). Dessa maneira, a manutenção da cobertura florestal e, portanto, dos serviços ambientais, está intrinsicamente ligada ao desenvolvimento e perenidade de atividades econômicas como a agricultura, pecuária, silvicultura, dentre outras.

Com o objetivo de fortalecer a presença da vegetação nativa nas propriedades rurais brasileiras, em 1934 foi criado o Código Florestal Brasileiro (Decreto nº 23.793/1934) (BRASIL, 1934) que estabelecia limites para ocupação do solo e uso dos recursos naturais e, desde então, há uma legislação neste sentido no país. Em 1965, foi promulgado outro Código Florestal, por meio da Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 1965) que criou os conceitos de reserva legal (RL) e área de preservação permanente (APP), que foi alterado pela Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), popularmente conhecida como Novo Código Florestal, a mais recente lei que ordena a ocupação e uso do solo no Brasil no âmbito federal.

As reservas legais pressupõem o uso do solo e nelas são permitidas atividades econômicas desde que mantida a estrutura florestal da área. Seu percentual obrigatório na propriedade varia de acordo com o bioma onde está localizada, sendo de 20% na Mata Atlântica.

De acordo com o artigo 3º, II da referida lei, as áreas de preservação permanente (APP) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa com a, “função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012), ou seja, são as matas ciliares, entorno de nascentes, topos de morro, áreas muito declivosas, entre outros. Nessas áreas, o principal objetivo é garantir a perenidade dos recursos hídricos e proteger as regiões mais sensíveis da propriedade. O uso econômico é permitido, desde que seja de baixo impacto, sob a forma de sistemas agroflorestais ou manejo de produtos florestais não madeireiros nas pequenas propriedades de até 4 módulos fiscais.

Entretanto, a legislação brasileira está longe de ser cumprida. Segundo Guidotti et al. (2017), apesar de haver grande variação regional desses números, o déficit nacional, em média, é de 22% para as APP e de 7% para as RL. Os principais déficits de APP estão na Mata Atlântica (4 milhões de ha ou 56% do déficit total de APP do bioma), no Cerrado (1,8 milhões de ha ou 24%), na Amazônia (1,1 milhões

de ha ou 6%) e no Pampa (301 mil ha ou 46%). Os principais déficits de RL em área estão localizados no bioma Cerrado, onde 4,2 milhões de ha (ou 9% do déficit total de bioma) de vegetação nativa precisam ser recuperados. Em seguida, estão o bioma Amazônia (3,5 milhões de ha ou 4%) e Mata Atlântica (2,7 milhões de ha ou 22% do bioma).

No estado do Paraná, segundo dados brutos (auto declaratórios, ainda não verificados *in loco*) do Serviço Florestal Brasileiro, obtidos através do boletim informativo do CAR de Junho de 2018 (MMA, 2018), o estado possui um passivo da ordem de 695.542,15 ha (29% do total) de déficit declarado de reservas legais e 477.907 ha (38% do total) de APP. Estes números demonstram a magnitude do desafio técnico para o cumprimento da lei em vigência no país, ao passo que também demonstram o tamanho da oportunidade para o setor florestal, já que especialmente em estados agroexportadores, como é o caso do Paraná, há um interesse crescente por parte dos produtores em regularizarem sua situação ambiental com fins de atingirem mercados mais exigentes que se preocupam com a regularidade ambiental de toda a cadeia produtiva da qual adquirem os *commodities*.

Os proprietários que possuem déficit de RL ou APP devem aderir ao PRA (Programa de Recuperação Ambiental), também instituído pela Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) a fim de não serem penalizados pelos desmatamentos anteriores à 22 de junho de 2008. Além disso, terão que apresentar um plano de restauração florestal para regularizarem seus passivos.

Existem diversas estratégias que podem ser utilizadas para recuperação das funções ecológicas de uma área, classificadas em técnicas passivas, ou que aproveitam a regeneração natural, e ativas, que são aplicadas onde não é possível o aproveitamento da regeneração natural (ANGELO; SOUZA, 2016; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Brancaion, Gandolfi e Rodrigues (2015) destacam que o plantio de mudas é uma técnica muito importante que pode ser utilizada tanto em áreas sem resiliência e conectividade, atuando como promotoras de melhorias ambientais e proporcionando o avanço sucessional, quanto em áreas onde a vegetação já esteja estabelecida, mas sejam necessárias ações de enriquecimento. Dessa maneira, a oferta de mudas de espécies nativas é vista pelos autores como um dos principais gargalos para a expansão de projetos de restauração florestal no país, especialmente os mais

modernos, que utilizam elevada diversidade de espécies e trazem consigo toda a complexidade oriunda da alta biodiversidade existente no país.

Como forma de ampliar e fortalecer políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, tecnologias de recuperação, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa, principalmente em áreas de preservação permanente e reserva legal, mas também em áreas degradadas com baixa produtividade agrícola, em 2017 o governo brasileiro lançou o PLANAVEG – Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (MMA, 2017). O plano foi fruto de intensa negociação durante a COP21 em 2015 e busca a ousada meta de recuperação da vegetação nativa em um mínimo de 12 milhões de hectares até 2030. Só na mata atlântica está prevista a recuperação de 4.750.000 ha. Se essas metas forem cumpridas, além dos benefícios ambientais, o documento traz cenários com importantes impactos sociais e econômicos, podendo gerar anualmente de 112 a 190 mil empregos na cadeia produtiva da restauração.

Além dessas iniciativas mais recentes, já existiam acordos anteriores que foram firmados durante a 15ª Conferência das Partes (COP15), onde o governo brasileiro divulgou o seu compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) projetadas para o ano de 2020. Para tanto, foram propostas diferentes ações com compromissos ratificados que instituem a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), que inclui ações de restauração florestal, fomento a atividades agroflorestais, entre outros, várias dessas iniciativas já em curso.

Todos esses fatores fazem com que as perspectivas do mercado de sementes e mudas florestais nativas sejam promissoras, uma vez que existem políticas públicas e pressões de mercado, inclusive relacionadas a acordos comerciais internacionais, para que haja uma regularização das propriedades rurais brasileiras quanto ao código florestal e um amplo potencial de silvicultura de espécies nativas ainda não exploradas. Dessa maneira, é urgente que se amplie o conhecimento sobre a biologia e produção de mudas de espécies florestais nativas para que essa demanda seja adequadamente suprida em quantidade e qualidade a um custo viável.



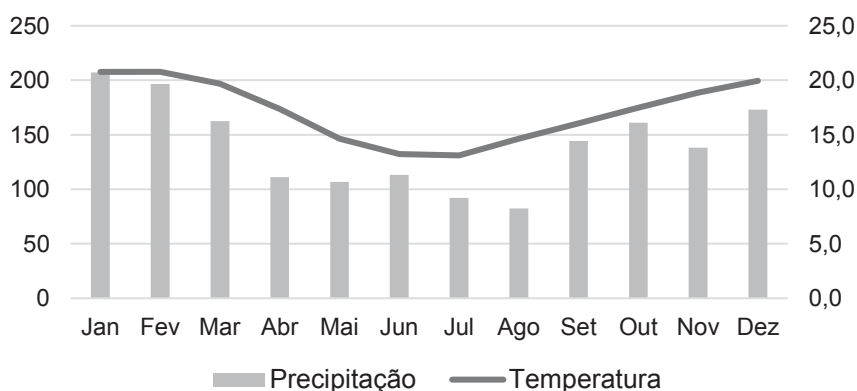
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Projeto Arboreto, situado na Fazenda Experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, localizada em Pinhais-PR, distante cerca de 15km de Curitiba-PR. As coordenadas geográficas centrais aproximadas da área correspondem a 25°23'30" S e 49°07'30" W.

O clima da região, segundo a classificação de Koppën, é do tipo Cfb: temperado úmido, com chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca, sendo que a temperatura média do mês mais quente não atinge mais que 22°C, com média de 17,2 °C (FIGURA 5). A precipitação média anual é de 1.689 mm, ocorrendo geadas severas e frequentes num período médio de 10 a 25 dias por ano (ALVARES et al., 2013).

FIGURA 5 - CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE PINHAIS-PR



FONTE: ALVARES, (2013). ELABORADO PELO AUTOR (2020)

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação de estrutura metálica com dimensões de 7 metros de largura por 9 metros de comprimento, com teto, parte frontal e traseira cobertas por plástico semi-leitoso com difusão de luz e laterais compostas por tela clarite e plástico semi-leitoso retrátil. O piso foi recoberto com rafia de solo para evitar a presença de plantas indesejáveis e reduzir o risco de patógenos. A irrigação era composta por duas linhas com 6 microaspersores invertidos, com vazão de 52L/h cada, controlados por uma central que permitia a programação de até 4 irrigações ao dia, as quais eram ajustadas manualmente conforme a variação da

temperatura, umidade e estágio de crescimento das plantas, tendo variado durante o experimento de 2 a 8 min, com frequência de 3 a 4 vezes ao dia.

### 3.2 ANÁLISES E DESCRIÇÃO DE SUBSTRATOS

O remineralizador de solo utilizado nesse estudo tem origem em Mandaguari-PR, e possui o nome comercial de Reminer<sup>®</sup>, com recomendação de aplicação em solo nas quantidades de 2 a 4 tn.ha<sup>-1</sup>. As características físicas (TABELA 2) e químicas (TABELA 3) foram fornecidas pelo fabricante.

TABELA 2 - GRANULOMETRIA DO REMINERALIZADOR UTILIZADO NO EXPERIMENTO

Granulometria		
Peneira ABNT	Tamanho (mm)	%Passante
nº 40	0,425	70
nº 50	0,3	61,6
nº 80	0,18	53
nº 200	0,075	40,2

FONTE: REMINER (2019)

A CTC informada pelo fabricante é de 50,8 mmolc/dm<sup>3</sup> e a CTC efetiva de 138,94 mmol/dm<sup>3</sup>. A capacidade de retenção de água informada é de 41,3%.

TABELA 3 - ANÁLISE QUÍMICA DO LOTE DO SUBSTRATO UTILIZADO NO EXPERIMENTO

Elemento	Unidade	Valor
Al	%	1,54
B	ppm	<10
Ca	%	1,22
Fe	%	4,32
K	%	0,11
Mg	%	0,36
Mn	ppm	375
Mo	ppm	0,6
Na	%	0,33
P	ppm	904
S	%	<0,01
Zn	ppm	65
SiO <sub>2</sub>	%	51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	12,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	15,5
CaO	%	9,93
MgO	%	5,39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,24
Na <sub>2</sub> O	%	2,42
K <sub>2</sub> O	%	1,07
MnO	%	0,23

FONTE: REMINER (2019)

Os substratos utilizados no experimento foram submetidos às análises descritas pela Instrução Normativa nº 17 de 21 de maio de 2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007). As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Sementes Florestais (LASF) da Universidade Federal do Paraná.

Para melhor compreensão dos efeitos da adição do remineralizador de solo ao substrato comercial, foram realizadas análises em composições com doses de 0 a 30% de remineralizador, com intervalos de 5% (TABELA 2), no entanto para a produção de mudas, foram utilizados apenas os tratamentos T1, T3, T5 e T7.

TABELA 4 - MISTURAS DE SUBSTRATO COMERCIAL A BASE DE CASCA DE PINUS SEMIDECOMPOSTA E REMINERALIZADOR DE SOLO (V/V).

Tratamento	Substrato Casca de Pinus (%)	Remineralizador (%)
<b>T1</b>	<b>100</b>	<b>0</b>
T2	95	5
<b>T3</b>	<b>90</b>	<b>10</b>
T4	85	15
<b>T5</b>	<b>80</b>	<b>20</b>
T6	75	25
<b>T7</b>	<b>70</b>	<b>30</b>

FONTE: O AUTOR (2020)

### 3.2.1 Análises físicas

#### 3.2.1.1 Umidade atual

Para aferição da umidade atual do substrato, foi realizado o seguinte procedimento:

- Separação de uma alíquota de 100g de cada tratamento em um recipiente metálico com 3 repetições;
- Colocação em estufa à 65°C até atingir a massa constante;
- Cálculo da umidade atual através da fórmula:

$$UA = \left[ \frac{MU - MS}{MU} \right] * 100$$

Onde:

UA: Umidade atual (%m/m)

MU: Massa úmida (g)

MS: Massa seca (g)

### 3.2.1.2 Densidade aparente

Para a determinação da densidade aparente: uma proveta graduada de 500mL e 5 cm de diâmetro foi preenchida cuidadosamente com 300ml de substrato e posteriormente solta em queda livre de uma altura de 10cm por 10 vezes. O valor obtido foi registrado e, na sequência, o material foi pesado, descontando a tara da proveta. O procedimento foi realizado com 3 subamostras.

Foram calculadas a densidade úmida e seca conforme as fórmulas:

$$DU = \left( \frac{MU}{V} \right) * 100$$

Onde:

DU: Densidade úmida (kg/m³)

MU: Massa úmida (g)

V: Volume registrado no cilindro após 10 quedas (mL)

$$DS = DU * \left( 100 - \frac{UA}{100} \right)$$

Onde:

DS: Densidade seca (kg/m³)

DU: Densidade úmida (kg/m³)

UA: Umidade atual (%m/m)

### 3.2.1.3 Porosidade total, capacidade de retenção de água

Para a determinação da capacidade de retenção de água e porosidade, foi realizado o seguinte procedimento:

- Foi presa uma tela voal ao fundo de anéis plásticos com dimensões de 5x5cm com auxílio de atilhos de borracha e estes foram identificados e tarados na balança de precisão;

Os anéis foram preenchidos com substrato, de acordo com a massa encontrada pela fórmula:

$$M = \left( V * \frac{DU}{1000} \right)$$

- Os cilindros foram então saturados em água por 24h, com lâmina d'água até 4,5cm e, após saturação, foram pesados em balança analítica (MS);
- Posteriormente, os anéis foram dispostos em mesa de tensão coberta por papel filtro e a coluna d'água ajustada para 1kPA ou 10cm;
- O material foi mantido na mesa de tensão por 48h até atingir o equilíbrio;
- As amostras foram retiradas da mesa e sua massa aferida em balança analítica (Massa 1);
- Em seguida as amostras foram secas em estufa à 65°C por 48h (Massa 2);
- Os seguintes parâmetros foram calculados: CRA 10 (%v/v) e CRA 10 (%m/m), de acordo com as fórmulas a seguir:

$$CRA10 \left( \% \frac{v}{v} \right) : (M1 - M2) * \frac{100}{VA}$$

$$CRA10 \left( \% \frac{m}{m} \right) : (M1 - M2) * \frac{100}{M2}$$

Onde:

CRA10 (%v/v): Capacidade de retenção de água expressa em %v/v

CRA10 (%m/m): Capacidade de retenção de água expressa em %v/v

M1: Massa úmida após mesa de tensão (g)

M2: Massa seca da alíquota submetida a mesa de tensão (g)

VA: Volume do anel de 5cm de diâmetro por 5cm de altura (g)

O percentual de macroporos foi calculada através da seguinte fórmula:

$$MP = \frac{MS - M1}{VA} * 100$$

Onde:

MP: Macroporos (%)

MS: Massa do substrato saturado de água após 24h (g)

M1: Massa úmida do substrato após mesa de tensão (g)

VA: Volume do anel de 5cm de diâmetro por 5cm de altura (cm<sup>2</sup>)

A porosidade total foi calculada de acordo com fórmula:

$$PT = MP + CRA10(\%v/v)$$

Onde:

PT: Porosidade total (%)

MP: Macroporos

CRA10(%v/v): Capacidade de retenção de água expressa em %v/v

### 3.2.2 Análises químicas

#### 3.2.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE)

A determinação dos valores de pH e CE foi realizada com a adição de 60mL de substrato em 300mL de água deionizada e posterior colocação em mesa agitadora em rotação de 40rpm por uma hora.

Após a agitação, a amostra foi filtrada em papel filtro qualitativo com gramatura de 250g e então realizada a leitura em peagâmetro e condutímetro de bancada previamente calibrados, para obtenção do pH e CE, respectivamente.

#### 3.2.3 Seleção dos substratos a serem utilizados no experimento

Para realização dos experimentos foram selecionados os substratos com doses em intervalos de 10%, sendo 0% (T0), 10%(T2), 20%(T4) e 30%(T6) de remineralizador de solo compondo o substrato, que foram posteriormente utilizados para a produção das mudas. Esses substratos foram selecionados pelo fato de diferirem estatisticamente entre si na maior parte dos testes físicos e químicos realizados.

### 3.3 PRODUÇÃO DE MUDAS

#### 3.3.1 Formulação, preparo dos substratos e adubação

Para a produção das mudas foram preparados quatro diferentes substratos, sendo os componentes um substrato comercial à base de casca de pinus semidecomposta (SC), Mecplant Florestal2C® e o remineralizador (pó de rocha), Reminer® com origem de Madaguari-PR. S1: 100 SC; S2: 90 SC/10 R; S3: 80 SC/20 R; S4: 70 SC/30 R.

Como adubação testou-se quatro doses (0, 4, 8 e 12 kg/m³) de Fertilizante de Liberação Controlada (FLC), Osmocote® 18-5-9 Mini Prills 5 Meses (18% N<sub>total</sub>, 5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 9% K<sub>2</sub>O e 3,5% S), aplicados nos diferentes substratos formulados, totalizando 16 tratamentos, dispostos em esquema fatorial (4x4) (TABELA 5).

TABELA 5 - SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES UTILIZADAS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs E *Mimosa flocculosa* Burkart

Substrato (%/%)	FLC (Kg/m³)			
	0	4	8	12
100 SC	100SC+0	100SC+4	100SC+8	100 S+12
90SC/10R	9SC / 10R+0	90S /10R+4	90SC /10R+8	90S/ 10R+ 2
80SC/20R	80SC / 20R+0	80SC/20R+4	80SC/20R+8	80SC/20R+12
70SC/30R	70SC / 30 R+0	70SC / 30R+4	70SC/30R+8	70SC/30R+12

FONTE: O AUTOR (2020)

#### 3.3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (4 x 4) com parcelas subdivididas no tempo (90, 120 e 150 dias), sendo este composto por 5 blocos de 15 plantas (unidade amostral), totalizando 1.200 plantas por espécie. Optou-se pela utilização de DBC devido às diferenças de luminosidade e irrigação constatadas na estufa onde foi realizado o experimento.

Todos os dados foram submetidos ao teste Bartlett ( $p < 0,05$ ), com objetivo de verificar a homogeneidade das variâncias e, caso não obedecessem a esse pressuposto, foram transformados até que se verificasse a homogeneidade e pudessem ser realizadas as demais análises.



Uma vez atendidos os pressupostos, os dados passaram por análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) e, em seguida, teste de Tukey ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ), a fim de observar as diferenças entre as médias.

### 3.3.3 Semeadura, repicagem e raleamento

As sementes utilizadas foram doadas pela Sociedade Chauá, tendo sido coletadas de no mínimo 12 matrizes georreferenciadas, com distância de pelo menos 50m entre as plantas, formando um lote de coleta, garantindo assim menor taxa de endogamia e a variabilidade genética necessária para a condução do experimento. As coletas foram realizadas na região de Curitiba-PR.

#### 3.3.3.1 *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs

No mês de junho de 2019, realizou-se semeadura em caixa plástica com furos na parte inferior, preenchida com substrato comercial de casca de pinus semi-decomposta e mantida em casa de vegetação por 30 dias para germinação e desenvolvimento inicial

Aos 30 dias após semeadura, procedeu-se com a repicagem de plântulas saudáveis para tubetes de 110 cm<sup>3</sup> preenchidos com diferentes tratamentos utilizados no experimento, dispostos em bandejas metálicas de 545 células, suspensas 1m do solo.

Aos 35 dias após a semeadura foi realizado o replantio das plântulas mortas para padronização do experimento. Após essa etapa, não houve mais atividades de repicagem ou raleamento e o experimento foi conduzido respeitando as mortalidades ocorridas.

Os tubetes foram inicialmente dispostos lado a lado, sem espaçamento. Aos 90 dias foi realizado um espaçamento de 4 x 4 cm, e aos 120 dias, outro espaçamento, ampliando a distância entre tubetes para 4 x 8 cm, sendo este mantido até os 150 dias, quando o experimento foi finalizado.

#### 3.3.3.2 *Mimosa flocculosa* Burkart

A superação da dormência tegumentar das sementes ocorreu em junho de 2019 por meio de imersão em água a temperatura inicial de 70 °C e foram mantidas

por 24 h, conforme recomendação de Zanon (1992). Na sequência, realizou-se semeadura direta em tubetes de 110cm<sup>3</sup>, com 3 a 4 sementes por recipiente e cobertas com uma camada (0,5 cm) de vermiculita fina, dispostos em bandejas metálicas de 545 células, sem espaçamento, suspensas a um metro do solo.

Após a semeadura as bandejas foram acondicionadas em estufa com cobertura plástica por 30 dias e foi realizado o raleamento quando as plantas atingiram cerca de 5 cm, sendo deixada como remanescente a plântula mais centralizada no tubete e que apresentava maior altura da parte aérea. Nas etapas seguintes não houveram mais atividades de repicagem ou raleamento e o experimento foi conduzido respeitando as mortalidades ocorridas.

Inicialmente os tubetes foram dispostos lado a lado, sem espaçamento. O aumento do espaçamento foi realizado aos 90 dias para 4 x 4 cm (um alvéolo de distância) para que a espécie pudesse se desenvolver adequadamente e foi mantida essa configuração até o final do experimento, ou seja, até as plantas completarem 150 dias.

### 3.3.4 Avaliações

As avaliações de altura da parte aérea (H) e diâmetro do coleto (DC) foram realizadas em todas as plantas do experimento aos 90, 120 e 150 dias, com auxílio de uma régua milimetrada e um paquímetro digital com precisão de 0,1mm.

Aos 150 dias foram realizadas as análises destrutivas em 5 plantas por repetição, que consistiram na separação da parte aérea e radicial, secagem em estufa à 70°C por 72h, até que a massa fosse estabilizada. Em seguida, foi procedida a pesagem em balança analítica de precisão de 0,001g, formando as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR). Por fim, foram realizadas análises qualitativas de Facilidade de Retirada do Tubete (FRT) e Agregação de Raízes ao Substrato (ARS).

As avaliações de FRT e ARS seguiram a metodologia proposta por Wendling, Guastala & Dedeczek (2007), a qual consiste na atribuição de notas de zero a dez às variáveis. Para FRT, zero é a dificuldade máxima de retirada de uma muda do tubete após três batidas da parte superior contra uma mesa, e dez a máxima facilidade de retirada. Para ARS, as mudas foram soltas em queda livre a uma altura de um metro do solo, sendo atribuída nota dez ao torrão em perfeito estado e nota zero ao torrão

mais esborado, possibilitando a criação de uma escala comparativa para cada espécie.

Os índices morfológicos com a relação altura e diâmetro do coleto, conhecidos como índice de robustez (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD), foram calculados de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Onde:

MST = MSPA + MSR = Massa Seca Total (g)

H = Altura (cm)

DC = Diâmetro do coleto (mm)

MSPA = Massa seca da parte aérea

MSR = Massa seca de raízes

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SUBSTRATO

A adição do remineralizador ao substrato comercial, promoveu alterações significativas em todas as características físicas e químicas dos substratos (TABELA 6). De maneira geral, observou-se um aumento na capacidade de retenção de água (CRA) e densidade (D), e redução do pH e condutividade elétrica desde a primeira dose de remineralizador adicionada ao substrato comercial.

TABELA 6 - PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS COMPOSTOS POR SUBSTRATO COMERCIAL (SC) E REMINERALIZADOR (R).

Tratamentos (% / %)	D (gL <sup>-1</sup> )	CRA (v/v)	MP	PT	pH	C.E (μS/cm)
<b>100 SC</b>	579,68 <b>f</b>	44,64 <b>c</b>	37,24 <b>a</b>	81,88 <b>a</b>	6,32 <b>d</b>	419,67 <b>a</b>
<b>95SC/5R</b>	645,11 <b>e</b>	47,14 <b>c</b>	31,96 <b>b</b>	79,10 <b>a</b>	6,33 <b>d</b>	400,33 <b>b</b>
<b>90SC/10R</b>	715,29 <b>d</b>	52,63 <b>b</b>	23,92 <b>c</b>	76,55 <b>ab</b>	6,41 <b>c</b>	376,00 <b>c</b>
<b>85SC/15R</b>	772,55 <b>c</b>	55,19 <b>ab</b>	17,61 <b>d</b>	72,80 <b>b</b>	6,45 <b>c</b>	351,33 <b>d</b>
<b>80SC/20R</b>	840,39 <b>b</b>	56,22 <b>a</b>	16,56 <b>d</b>	72,78 <b>b</b>	6,53 <b>b</b>	337,00 <b>e</b>
<b>75SC/25R</b>	891,54 <b>a</b>	55,72 <b>a</b>	9,96 <b>e</b>	65,68 <b>c</b>	6,59 <b>b</b>	331,67 <b>e</b>
<b>70SC/30R</b>	910,49 <b>a</b>	55,29 <b>a</b>	11,82 <b>e</b>	67,11 <b>c</b>	6,69 <b>a</b>	311,67 <b>f</b>

D= densidade aparente; CRA= capacidade de retenção de água MP= macroporosidade; PT= porosidade total; Ph= potencial hidrogeniônico; C.E.= condutividade elétrica. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro.

FONTE: O AUTOR (2020)

A densidade aparente (D) dos substratos foi diferente em todos os tratamentos, com exceção dos compostos por 25 e 30% de remineralizador que não apresentaram diferenças significativas entre si. Knapik; Angelo (2007) também verificaram um incremento da densidade aparente quando adicionado remineralizador ao substrato. Isso pode acontecer devido ao tamanho das partículas que determina uma densidade mais elevada dos remineralizadores em relação aos substratos comerciais a base de casca de pinus (KNAPIK; ANGELO, 2007).

A CRA (v/v) apresentou valores progressivos e diferentes estatisticamente com a adição de remineralizador até o limite de 20%, quando os valores deixaram de se diferenciar. Isso indica um aumento da capacidade de retenção de água quando adicionado o remineralizador, fator que pode ser benéfico, especialmente em locais com variações bruscas de temperatura e em recipientes com menor volume, que secam mais rápido. Navroski et al. (2019) acreditam que o aumento da disponibilidade de água no substrato pode ser benéfico para a o cultivo de espécies florestais, uma vez que o espaço existente nos tubetes é reduzido e a demanda de água das mudas é alta, assim a adição de materiais que aumentem a capacidade de retenção de água do substrato pode diminuir a quantidade e/ou frequência de água utilizada no viveiro.

A macroporosidade, devido a diferença do tamanho das partículas dos materiais utilizados, foi reduzida à medida que foram aumentando as doses de remineralizador até o limite de 25%. A porosidade total sofreu influência significativa no intervalo de 10% de adição de remineralizador, sendo reduzida à medida que as doses aumentavam. Isso indica que a adição de remineralizador foi responsável por

um aumento na capacidade de retenção de água no substrato devido a menor presença de macroporos e consequente maior presença de microporos. Daudt et al. (2007) acreditam que os microporos são os responsáveis pela retenção da água sob tensão maior ou igual a 100hPa, sendo essa a fração de água mais difícil de ser retirada do material, que potencialmente pode ser utilizada em momentos de escassez temporária de água.

O pH do substrato foi alterado de 6,32 para 6,69 quando adicionada a dose de 30% de remineralizador. O incremento do pH com a adição de pó de basalto também foi verificado por Knapik; Angelo (2007), que constataram um incremento na ordem de 1,2 no pH quando adicionada uma dose de 150 kg/m<sup>3</sup> de substrato para produção de *Prunus sellowii* KOEHNE, indicando que o remineralizador pode ser capaz de alterar o pH das soluções em que é adicionado.

A C.E. varia de acordo com a disponibilidade de sais no meio, uma vez que os remineralizadores possuem baixa concentração de sais solúveis (KNAPIK, 2005). Assim, é natural que a adição deste componente ao substrato reduza a condutividade do meio, como foi observado na redução gradativa de C.E., conforme aumentava-se a dose. Gonçalves et al. (2000) indicam valores abaixo de 1,0 dS m<sup>-1</sup> ou 1000 µS/cm como adequados para substratos florestais, padrão que foi atendido por todos os substratos analisados.

Os resultados sugerem que a adição do remineralizador ao substrato comercial foi capaz de alterar as propriedades físicas e químicas analisadas, sendo os intervalos de 10% mais efetivos por apresentarem diferenças significativas entre si para todos os parâmetros analisados, com exceção do parâmetro CRA. Assim, foi definido o intervalo de 10% (0, 10, 20 e 30%) para composição do substrato onde as mudas foram cultivadas com diferentes doses de FLC.

De maneira geral, o remineralizador de solo mostrou ter a capacidade de incrementar a retenção de água no substrato, fato que pode beneficiar algumas espécies, especialmente aquelas adaptadas a condições de hidromorfismo ou que não toleram ressecamento do substrato. Além disso, o material mostrou ser efetivo na redução do pH, fato que também pode ser benéfico a algumas espécies que ocorrem naturalmente em regiões com solos provenientes de rochas básicas ou quando utilizado em conjunto com substratos naturalmente mais ácidos que precisem ser basificados para atingirem um pH adequado para produção de mudas.

A viabilidade econômica da utilização do remineralizador como componente do substrato para produção de mudas é altamente dependente dos custos de frete para transporte do material. Em razão disso, é necessário que sejam calculados os custos de frete para cada caso e avaliada a sua viabilidade de utilização em viveiros comerciais.

#### 4.2 *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs

##### 4.2.1 Análises morfométricas aos 90, 120 e 150 dias

Todos os parâmetros analisados apresentaram interação tripla, conforme pode ser observado na Tabela 7.

TABELA 7 – DIÂMETRO DO COLETO, ALTURA E ROBUSTEZ DE MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs AOS 90, 120 E 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

	Diâmetro do coleto											
	90 dias				120 dias				150 dias			
	0 g/m³	4 g/m³	8g/m³	12g/m³	0 g/m³	4 g/m³	8g/m³	12g/m³	0 g/m³	4 g/m³	8g/m³	12g/m³
0%	1,02 b A c	2,35 c A b	2,76 c A a	2,85 c A a	1,08 b AB c	3,37 b A b	4,03 b A a	4,08 b B a	1,55 a A c	5,26 a A b	6,37 a A a	6,16 a B a
10%	1,16 b A c	2,49 c A b	2,71 c A b	3,17 c A a	1,24 b A c	3,48 b A b	4,18 b A a	4,55 b A a	1,83 a A c	5,34 a A b	6,25 a A a	6,61 a A a
20%	0,91 b A c	2,30 c A b	2,96 c A a	3,11 c A a	0,69 b BC c	3,74 b A b	4,08 b A b	4,59 b A a	1,59 a A d	5,47 a A c	6,02 a A b	6,61 a A a
30%	1,00 b A c	2,47 c A b	3,00 c A a	3,00 c A a	0,60 c C c	3,59 b A b	4,23 b A a	4,30 b AB a	1,45 a A c	5,33 a A b	6,18 a A a	6,29 a AB a
Altura												
0%	2,83 b AB c	6,92 c A b	9,65 c A a	9,46 c A a	2,93 ab AB c	11,07 b C b	16,36 b B a	16,51 b B a	3,84 a AB c	13,59 a B b	20,56 a B a	20,61 a B a
10%	3,54 a A c	8,55 b A b	10,34 c A ab	10,53 c A a	3,76 a A c	16,04 a B b	20,09 b A a	20,78 b A a	4,46 a A c	18,06 a A b	24,66 a A a	25,22 a A a
20%	2,00 b B c	8,06 b A b	9,93 b A a	10,36 c A a	2,26 b BC b	18,80 a A a	20,55 a A a	20,37 b A a	4,21 b AB c	19,29 a A b	22,74 a AB a	24,37 a A a
30%	2,15 b B b	7,87 b A a	9,55 c A a	9,47 c A a	1,89 b C c	17,90 a AB ab	19,02 b A a	16,49 b B b	3,29 a B c	19,09 a A b	22,17 a AB a	20,61 a B ab
Robustez (H/D)												
0%	2,82 a A b	2,96 ab A ab	3,51 b AB a	3,31 b A ab	3,08 a A b	3,34 a B b	4,08 a B a	4,04 a AB a	2,55 a A b	2,59 b B b	3,26 b B a	3,34 b A a
10%	3,08 a A b	3,46 b A ab	3,86 b A a	3,35 b A ab	3,18 b A b	4,64 a A a	4,82 a A a	4,58 a A a	2,48 a A b	3,40 b A a	3,97 b A a	3,87 b A a
20%	2,28 c B b	3,55 b A a	3,39 b AB a	3,37 b A a	3,50 a A b	5,05 a A a	5,08 a A a	4,45 a AB a	2,73 b A b	3,54 b A a	3,80 b AB a	3,73 b A a
30%	2,28 b B b	3,21 b A a	3,19 b B a	3,17 b A a	3,63 a A c	5,06 a A a	4,53 a AB a	3,84 a B b	2,38 b A b	3,60 b A a	3,61 b AB a	3,31 b A a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas e Linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato. Letras minúsculas comparam o mesmo tratamento aos 90, 120 e 150 dias. Letras maiúsculas comparam em cada tempo, diferentes doses de remineralizador para uma mesma dose de FLC. Letras minúsculas em negrito, comparam em cada tempo, diferentes doses de FLC para uma mesma dose de remineralizador.

FONTE: O AUTOR (2020)



Quando realizada a comparação da influência de diferentes doses de adubo numa mesma porcentagem de remineralizador e no mesmo tempo, o diâmetro do coleto aos 90 dias apresentou as maiores médias sempre nas doses 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>, com exceção do substrato com 10% de remineralizador, que teve a maior média registrada com 12 kg/m<sup>3</sup>. Aos 120 e 150 dias, as maiores médias também foram registradas nas doses 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>, com exceção do substrato contendo 20% de remineralizador, que obteve o maior valor registrado na dose 12kg/m<sup>3</sup>. Para altura, aos 90 dias as maiores médias ocorreram a partir da dose de 8 kg/m<sup>3</sup> de substrato, com exceção dos tratamentos com 30% de remineralizador, que não obteve diferenças significativas a partir de 4 kg/m<sup>3</sup> de substrato. Aos 120 dias, o comportamento foi parecido, entretanto a dose de 12 kg/m<sup>3</sup> de FLC apresentou médias menores quando utilizado 30% de remineralizador. Aos 150 dias, para todas as doses de remineralizador, as maiores médias foram aquelas que receberam doses iguais a 8 kg/m<sup>3</sup> de FLC, não se diferindo das doses de 12 kg/m<sup>3</sup>, mostrando que esta dose é adequada para o crescimento em altura da espécie. A robustez aos 90 e 120 dias teve um comportamento similar ao observado na altura, e aos 150 dias apresentou os maiores valores a partir da dose de 4 kg/m<sup>3</sup>, com exceção do tratamento sem remineralizador, que apresentou médias superiores com 8 kg/m<sup>3</sup> de FLC.

Quando analisada apenas a influência de diferentes doses de remineralizador num mesmo tempo de avaliação, observou-se que o diâmetro do coleto aos 90 dias não apresentou diferenças significativas. Aos 120 dias, nos tratamentos sem adubo, a maior média foi registrada com a presença de 10% de remineralizador; na segunda e terceiras doses de fertilizante não houve diferença na adição do remineralizador; já na maior dose os tratamentos com presença de 10 e 20% foram superiores aos demais. Aos 150 dias, os tratamentos sem fertilizante e com as duas primeiras doses não sofreram influência da adição de remineralizador, já o tratamento com a maior dose de fertilizante registrou médias superiores quando havia presença de doses de 10 e 20% de remineralizador.

Para a altura, com 90 dias, na ausência de doses de adubo foi registrada diferença significativa com a adição do remineralizador na dose de 10%. Aos 120 dias no tratamento sem adição de adubo, a dose de 10% de remineralizador foi superior; para a dose 4g/m<sup>3</sup>, a dose de 20% de remineralizador foi superior; para 8g/m<sup>3</sup>, a dose 0% foi inferior e as demais foram superiores e não diferiram estatisticamente entre si;

e para 12g/m<sup>3</sup>, as doses de 10 e 20% foram superiores e não diferiram entre si. Aos 150 dias no substrato sem fertilizante, o melhor tratamento foi o que continha 10% de remineralizador; para a primeira dose de adubo, o tratamento sem remineralizador foi inferior aos demais que não registraram diferenças entre si; para a segunda dose, o tratamento com 10% foi superior aos demais; e para a terceira dose, os substratos com 10 e 20% de remineralizador foram superiores.

Para robustez, observou-se que aos 90 dias, para os tratamentos sem adubo, as doses 0 e 10% foram superiores; para a dose de 4kg/m<sup>3</sup>, as proporções 20 e 30% de remineralizador foram superiores; para a dose de 8kg/m<sup>3</sup>, a dose de 10% foi superior; e para a dose de 12 kg/m<sup>3</sup> o remineralizador não promoveu diferença significativa. Aos 120 dias, sem adubo, não houve diferença significativa; para 4kg/m<sup>3</sup> qualquer dose de remineralizador se mostrou superior; para 8g/m<sup>3</sup> as doses de 10 e 20% foram superiores; e para 12kg/m<sup>3</sup>, a dose de 10% foi superior. Aos 150 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos quando não havia adubo nos tratamentos; para a dose 4kg/m<sup>3</sup> qualquer dose de pó de rocha foi significativamente superior; para 8g/m<sup>3</sup> a dose de 10% foi superior as demais; e para 12 kg/m<sup>3</sup>, não houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

Avaliando somente a variação temporal no mesmo tratamento, o diâmetro do coleto apresentou variação significativa nas três medições, com as maiores médias sendo sempre registrados aos 150 dias. A altura apresentou os maiores valores também aos 150 dias. Já para a robustez os maiores valores ocorreram aos 120 dias ou não apresentaram variação significativa, com exceção dos tratamentos com 0 e 10% de pó de rocha e ausência de FLC, que registraram maiores valores aos 150 dias.

Ao analisar o crescimento de mudas de *S. diploconos* aos 120 dias após a repicagem, Hoffman (2014) observou médias de diâmetro do coleto de 4,68 mm, altura de 23,66 cm e relação H/DC de 5,06. Os diâmetros encontrados pelo autor foram similares aos verificados nesse estudo para os tratamentos que utilizaram a dose de 4 kg/m<sup>3</sup> e inferiores aos encontrados quando se utilizou as doses de 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>. Já para altura, os valores encontrados pelo autor foram similares àqueles encontrados em doses a partir de 8kg/m<sup>3</sup> neste experimento.

A robustez verificada por Hoffman (2014) foi similar a encontrada nesse estudo aos 120 dias, mas inferior a encontrada aos 150 dias, que apresentaram H/DC na faixa de 3,40 a 3,97. Isso pode ser reflexo de um espaçamento menor, diferenças

no tamanho do recipiente utilizado ou de outros fatores ambientais que possam ter interferido na biometria das mudas.

Ao analisar a influência da adição de FLC na produção de mudas da espécie, o autor observou diferenças significativas para altura e diâmetro do coleto entre as doses de FLC 0 e 6 kg/m<sup>3</sup> de substrato, corroborando os resultados desse estudo, em que a adição de FLC foi fundamental ao crescimento adequado das mudas (HOFFMAN, 2014).

#### 4.2.2 Massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total

Os resultados de massa seca da parte aérea (MSPA) não apresentaram interação entre os fatores analisados e a aplicação de remineralizador não gerou nenhuma diferença significativa nas médias dos tratamentos (TABELA 8).

TABELA 8 - MASSA SECA DA PARTE AÉREA, RAÍZES E TOTAL DE MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Massa seca da parte aérea - MSPA					
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )				Média
	0	4	8	12	
0	0,13	6,60	11,67	12,58	7,75 a
10	0,15	7,57	11,98	12,33	8,01 a
20	0,21	7,27	10,88	12,66	7,76 a
30	0,13	7,28	11,56	12,30	7,82 a
Média	0,16 d	7,18 c	11,52 b	12,47 a	
Massa seca de raízes - MSR					
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )				Média
	0	4	8	12	
0	0,11	4,45	5,94	6,55	4,26 ab
10	0,15	4,76	6,38	7,97	4,82 a
20	0,13	4,11	5,29	7,04	4,14 ab
30	0,11	3,93	6,02	6,12	4,05 b
Média	0,13 c	4,31 b	5,91 a	6,92 a	
Massa seca total - MST					
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )				Média
	0	4	8	12	
0	0,24	11,06	17,61	19,13	12,01 a
10	0,31	12,33	18,36	20,31	12,83 a
20	0,34	11,38	16,17	19,70	11,90 a
30	0,24	11,22	17,58	18,42	11,86 a
Média	0,28 c	11,50 b	17,43 a	19,39 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. FLC = Fertilizantes de Liberação Controlada. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas e Linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

Para a MSPA, a dose de 12 kg/m<sup>3</sup> de FLC no substrato foi responsável pelas maiores médias entre todos os tratamentos, se diferenciando estatisticamente das demais. Observou-se um incremento progressivo de MSPA à medida que doses maiores de FLC foram sendo adicionadas, indicando que a espécie poderia continuar incrementando esse parâmetro caso fossem testadas doses ainda maiores.

Quanto a massa seca de raízes (MSR), não foi observada interação entre os tratamentos aplicados. A adição de remineralizador a 10% do volume do substrato foi a que apresentou melhor média entre todas as doses, mesmo valor encontrado por Ehlers; Arruda (2014a) na produção de mudas de *Pinus elliottii*. Para adubação, as doses de 8 e 12 kg/m<sup>3</sup> de substrato foram superiores e não apresentaram diferenças significativas entre si. A dose de 30% de remineralizador apresentou médias inferiores aos demais tratamentos.

Fato similar aconteceu no experimento executado por Ehlers; Arruda (2014b), no qual os autores, ao avaliarem mudas de *Eucalyptus grandis*, verificaram que doses superiores a 20% de remineralizador foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas. Shmitz et al. (2002) acreditam que este efeito pode estar relacionado com a redução do espaço de aeração ou a compactação do material devido suas partículas serem muito finas. Conforme Kampf (2000), ambos os fatores podem ser responsáveis por um menor desenvolvimento radicial.

A massa seca total (MST) acompanhou a tendência visualizada na massa seca da parte aérea (MSPA), na qual o remineralizador não exerceu influência significativa nos tratamentos. A adubação, por sua vez, foi responsável por um incremento na MST até a dose de 8 kg/m<sup>3</sup>, que não se diferenciou estatisticamente da dose de 12 kg/m<sup>3</sup>, indicando que a dose de 8 kg/m<sup>3</sup> foi suficiente para proporcionar desenvolvimento adequado de biomassa total na espécie testada.

Dessa forma, foi verificado que a presença de remineralizador é indiferente para o incremento de MSPA e MST, porém exerce influência positiva na proporção de 10% para MSR. A dose de FLC de 12 kg/m<sup>3</sup>, foi responsável pelo melhor desenvolvimento da parte aérea, mas para MSR e MST a dose de 8 kg/m<sup>3</sup> foi suficiente para gerar os melhores resultados.

Hoffman (2014), ao analisar o crescimento aos 120 dias de mudas *S. diploconos* com FLC na dose de 6 kg/m<sup>3</sup> de substrato, obteve valores médios de MSPA de 7,60 g, de MSR de 2,44 g e MST de 10,04 g. Esses valores foram similares aos encontrados nesse experimento quando utilizada a dose de 4 kg/m<sup>3</sup> de substrato,

porém inferiores aos encontrados nas doses de 8 e 12 kg/m<sup>3</sup> de substrato testadas neste trabalho, mostrando que essas doses podem ser mais adequadas à produção da espécie.

#### 4.2.3 Índice de qualidade de Dickson

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD), não foram constatadas diferenças significativas quando utilizado o remineralizador para compor o substrato, não havendo assim interação significativa entre os dois fatores analisados (TABELA 9). Dessa maneira, sua utilização para esse parâmetro é indiferente.

TABELA 9 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON PARA MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Índice de Qualidade de Dickson - IQD					
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )				Média
	0	4	8	12	
0	0,06	2,71	3,40	3,65	<b>2,46 a</b>
10	0,09	2,48	3,17	3,79	<b>2,38 a</b>
20	0,08	2,14	2,77	3,60	<b>2,15 a</b>
30	0,07	2,07	3,20	3,50	<b>2,21 a</b>
<b>Média</b>	<b>0,08 c</b>	<b>2,35 b</b>	<b>3,13 a</b>	<b>3,63 a</b>	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. FLC = Fertilizantes de Liberação Controlada. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas e Linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

Para adubação, o IQD foi superior nas duas maiores dosagens (8 e 12 kg/m<sup>3</sup>), indicando que a planta apresenta uma resposta positiva a adição de fertilizante. Assim, 8 kg/m<sup>3</sup> foi a dose racional para a espécie, se considerado o IQD, que é tido como um dos índices mais completos para avaliação da qualidade de mudas, já que agrega biomassa e parâmetros morfológicos em um só índice.

Na última avaliação, aos 150 dias, as mudas apresentavam vigor e estavam visualmente adequadas ao plantio, com exceção dos tratamentos sem adubação que apresentaram baixo crescimento, o que se confirmou com os menores IQD registrados no experimento, com valores abaixo de 0,1.

O IQD é um parâmetro que pode variar de acordo com a espécie analisada, conforme pode ser constado em estudo realizados por Gomes; Paiva (2004) que encontraram um IQD mínimo viável para *Pseudotsuga menziessi* (Mirb.) Franco e

*Picea abies* (L.) H.Karst. no valor de 0,20; já Binotto (2007) encontrou IQD médio para *Eucalyptus grandis* W.Hill aos 120 dias de 0,05; Oliveira júnior (2009) o valor de 0,11 para *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e Kratz et al. (2013), encontraram valores entre 0,1 e 0,21 para *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage. Essa variação indica que é necessário o estabelecimento de uma faixa ideal para cada espécie, não existindo, portanto, um valor único parametrizado para todas as espécies.

Hoffman (2014), ao testar a dose de 6kg/m<sup>3</sup> de FLC em *S. diploconos*, encontrou IQD médio máximo de 1,76, valor inferior ao observado neste estudo nos tratamentos onde houve adição de adubo, que obteve sua menor média com valor de 2,07 na dose de 4 kg/m<sup>3</sup> de substrato e maior superior a 3,0. Essa diferença pode ter ocorrido em função da época de cultivo, tipo de substrato utilizado, recipiente, entre outros fatores que podem afetar o crescimento das mudas florestais. Assim, como no trabalho do autor supracitado, foi verificado neste estudo que as mudas com IQD na faixa de 2,0 já se mostravam aptas ao plantio em campo.

#### 4.2.4 Facilidade de retirada do tubete

A facilidade de retirada do tubete (FRT) para as mudas de *S. diploconos* está situada com médias sempre acima de 7,6, não havendo interação entre os fatores analisados (TABELA 10).

TABELA 10 – FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE EM MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Facilidade de Retirada do Tubete - FRT					
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )				Média
	0	4	8	12	
0	9,20	8,52	7,72	7,64	8,27 a
10	9,30	9,36	8,76	8,16	8,89 a
20	10,00	8,84	8,24	7,96	8,75 a
30	10,00	8,24	8,00	7,60	8,46 a
Média	9,61 a	8,74 b	8,18 bc	7,84 c	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. FLC = Fertilizantes de Liberação Controlada. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas e Linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

As doses de adubo foram responsáveis por uma redução dessa facilidade de retirada, isso se deu pelo fato de as mudas produzidas sem adubo terem formado

pouca massa radicial e, em razão disso, terem se soltado facilmente do recipiente. Entretanto, não houve dificuldade de retirar do tubete as mudas de nenhum dos tratamentos, conforme pode ser constatado pelas altas médias resultantes.

Kratz et al., 2013 acredita que o enraizamento está relacionado com a facilidade de retirada do tubete, pois quando se apresenta muito intenso pode dificultar a retirada da muda do tubete, haja visto a maior compactação proporcionada pela maior massa de material dentro de um mesmo volume. Neste estudo, verificou-se que a baixa massa radicial foi responsável por altas notas dentro da metodologia utilizada.

#### 4.2.5 Agregação de raízes ao substrato

A agregação de raízes ao substrato apresentou interação entre os fatores analisados (TABELA 11). As doses de FLC de 8 e 12 kg/m<sup>3</sup> foram as que registraram as maiores médias para ARS. Também foi possível observar que, para as doses de 4 e 12 kg/m<sup>3</sup> de FLC, o maior percentual de remineralizador foi responsável por uma redução da média de ARS, fato que era esperado, já que, pela natureza física do remineralizador, o material acaba gerando baixa agregação entre partículas, fato que se refletiu na ARS.

TABELA 11 - AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

<b>Agregação de Raízes ao Substrato - ARS</b>								
<b>Remineralizador %</b>	<b>FLC (kg/m<sup>3</sup>)</b>							
	<b>0</b>		<b>4</b>		<b>8</b>		<b>12</b>	
<b>0</b>	1,76	aB	8,12	aA	8,92	aA	8,8	aA
<b>10</b>	1,72	aC	7,84	aB	9,04	aA	9,04	aA
<b>20</b>	1,24	aC	7,48	aB	7,84	bAB	8,64	aA
<b>30</b>	1,28	aC	5,84	bB	8,12	abA	7,6	bA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Interação entre colunas são expressas por letras minúsculas, interação entre linhas, são expressas por letras minúsculas. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas ao substrato e linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

Para Wendling; Delgado (2008), o substrato para produção de mudas florestais em tubetes deve ser agregado o suficiente para que o torrão não se rompa quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte. Caso isso ocorra, poderá haver uma exposição das raízes ao ressecamento e consequente redução da



sobrevivência das mudas em campo. Entretanto, caso o substrato seja coeso demais, poderá haver dificuldade ao retirá-la da embalagem, podendo haver o rompimento de raízes.

Para a espécie *S. diploconos*, conforme a escala de ARS desenvolvida, as notas superiores a 7 apresentaram agregação radicial que podem ser consideradas adequadas para o plantio, já que seu torrão se manteve com a forma próxima a original, sem mostrarem desagregação excessiva (FIGURA 6).

FIGURA 6 - NOTA DE AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs AOS 150 DIAS.



FONTE: O AUTOR (2020)

As notas 1 e 2 estiveram associadas aos tratamentos que não receberam adubação, demonstrando que a nutrição ineficiente e consequente baixo desenvolvimento radicial e da parte aérea também influenciaram negativamente na agregação de raízes ao substrato.

4.3 *Mimosa flocculosa* Bukart

4.3.1 Análises morfométricas aos 90, 120 e 150 dias

Os resultados das análises morfométricas apresentaram interação tripla (TABELA 12).

TABELA 12 - DIÂMETRO DO COLETO, ALTURA E ROBUSTEZ DE MUDAS DE *Mimosa flocculosa* Bukart AOS 90, 120 E 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

	Diâmetro do coleto											
	90 dias				120 dias				150 dias			
	0 g/m³	4 g/m³	8g/m³	12g/m³	0 g/m³	4 g/m³	8g/m³	12g/m³	0 g/m³	4 g/m³	8g/m³	12g/m³
0%	0,82 a A a	0,91 c B a	0,85 c B a	0,84 C c a	1,03 a A b	1,29 b B a	1,19 b B ab	1,19 B b ab	1,03 a A b	1,61 a B a	1,64 a B a	1,67 B a a
10%	0,89 a A b	0,90 c B b	1,20 c A a	1,08 BC c ab	1,05 a A b	1,51 b AB a	1,73 b A a	1,69 A b a	1,06 a A c	2,22 a A b	2,59 a A a	2,73 A a a
20%	0,83 a A b	1,24 c A a	1,17 c A a	1,25 AB c a	0,96 a A b	1,71 b A a	1,70 b A a	1,79 A b a	0,94 a A c	2,36 a A b	2,53 a A ab	2,69 A a a
30%	0,83 a A b	1,27 c A a	1,20 c A a	1,35 A c a	0,90 a A b	1,77 b A a	1,74 b A a	1,89 A b a	0,94 a A c	2,42 a A b	2,48 a A ab	2,70 A a a
Altura												
0%	6,14 b A a	6,47 c C a	6,59 c C a	6,27 c D a	6,22 b B c	8,50 b D a	8,23 b D ab	7,89 b D b	7,37 a AB c	14,98 a D b	15,71 a D a	15,53 a D a
10%	5,66 b A c	6,94 c C b	7,99 c B a	7,79 c C a	5,91 b B c	9,80 b C b	11,12 b C a	11,05 b C a	7,41 a AB d	21,54 a C c	26,33 a C b	28,52 a A a
20%	5,70 b A b	8,14 c B a	8,55 c A a	8,35 c B a	5,96 b B c	11,70 b B b	12,15 b A a	11,96 b B a	7,67 a A c	26,48 a B b	27,81 a A a	27,54 a B a
30%	5,80 b A c	8,81 c A ab	8,45 c AB b	8,95 c A a	6,03 b A d	12,65 b A b	12,21 b B c	13,06 b A a	7,01 a B c	27,21 a A a	27,24 a B a	26,45 a C b
Robustez (H/D)												
0%	7,61 a A a	7,34 b A a	8,03 b A a	7,61 b A a	6,21 ab A a	6,70 b A a	6,94 b A a	6,71 b A a	7,25 b A b	9,28 a A a	9,57 a A a	9,40 a A a
10%	6,86 ab A b	8,45 b A a	6,90 b A a	7,42 b A ab	5,77 b A a	6,52 c A a	6,49 b A a	6,62 b A a	7,03 a A b	9,55 a A a	10,16 a A a	10,44 a A a
20%	7,20 ab A a	6,70 b A a	7,42 b A a	6,80 b A a	6,23 b A a	6,98 b A a	7,26 b A a	6,75 b A a	8,29 a A b	11,11 a A a	11,18 a A a	10,19 a A a
30%	7,12 a A a	7,08 b A a	7,19 b A a	6,75 b A a	6,70 ab A a	7,14 b A a	7,08 b A a	6,96 b A a	7,56 a A b	11,26 a A a	11,09 a A a	9,88 a A a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas e Linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato. Letras minúsculas comparam o mesmo tratamento aos 90, 120 e 150 dias. Letras maiúsculas comparam em cada tempo, diferentes doses de remineralizador para uma mesma dose de FLC. Letras minúsculas em negrito, comparam em cada tempo, diferentes doses de FLC para uma mesma dose de remineralizador.

FONTE: O AUTOR (2020)

Quando realizada a comparação do mesmo tratamento nas três idades diferentes, para diâmetro do coleto, aqueles que não receberam fertilização não apresentaram diferenças significativas entre as medições, mostrando que não existiu incremento neste parâmetro. Nos demais tratamentos, conforme esperado, as maiores médias estiveram presentes sempre aos 150 dias. Para altura e robustez, o mesmo comportamento foi observado, com as maiores médias presentes aos 150 dias, com exceção dos tratamentos sem fertilizante

Ao se comparar a mesma dose de adubação com variação das doses de remineralizador, observou-se que aos 90, 120 e 150 dias o comportamento foi semelhante para diâmetro do coleto. Na dose de 0 kg/m<sup>3</sup> a adição de remineralizador não gerou diferença entre as médias, já para as doses 4, 8 e 12 kg/m<sup>3</sup> foi possível visualizar uma diferença com a adição de 10% de remineralizador, sem diferenças significativas com as doses maiores.

Para a altura, aos 90 dias, não houve resposta nos tratamentos sem fertilização. Nos demais, as maiores médias estiveram presentes quando houve adição de remineralizador nas doses de 20 e 30%. Aos 120 dias e 150 dias, o comportamento foi semelhante, com respostas significativas sempre associadas às maiores doses de remineralizador. A única exceção foi na dose 12 kg/m<sup>3</sup>, que obteve maior média na dose de 10% de remineralizador. Já para robustez, a adição de pó de rocha não mostrou diferenças significativas em nenhuma das doses testadas em nenhum dos tempos avaliados.

Ao comparar a mesma dose de remineralizador com diferentes doses de fertilizante em um mesmo período de tempo, os resultados para o DC mostram aos 90 dias que as maiores médias foram encontradas com as doses 8 e 12 kg/m<sup>3</sup> de FLC. Aos 120 dias, os resultados indicam que os melhores resultados surgem a partir da dose de 4 kg/m<sup>3</sup> para todas as doses de remineralizador, com exceção do tratamento onde este não foi utilizado. Aos 150 dias, as melhores médias estiveram vinculadas sempre às doses 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>.

Para robustez, aos 90 dias, houve diferença significativa apenas nos tratamentos com 10% de remineralizador, que teve as maiores médias a partir da adubação de 4 kg/m<sup>3</sup>. Aos 120 dias, nenhum dos tratamentos apresentou diferenças significativas quando variada a dose de adubação. Já aos 150 dias, as maiores médias estiveram sempre associadas a doses maiores ou iguais a 4 kg/m<sup>3</sup>.

Caldeira et al. 2009, ao testar diferentes substratos para produção de mudas de *M. flocculosa* aos 150 dias, encontrou alturas médias que variaram de 9,30 à 12,06 cm e diâmetro do coleto na faixa de 1 mm, valores semelhantes aos encontrados neste trabalho quando não se utilizou o remineralizador como componente do substrato. As médias obtidas neste trabalho para altura aos 150 dias foram superiores a 20 cm quando utilizada a menor dose de FLC de 4 kg/m<sup>3</sup> de substrato e a menor dose de remineralizador. Os melhores desempenhos em altura obtidos pelos autores estiveram associados aos tratamentos com melhor retenção de água (maiores doses de biossólido), fato semelhante ao ocorrido neste trabalho, onde a presença do remineralizador também foi um fator que incrementou a capacidade de retenção e esteve relacionado com o incremento em altura das mudas dessa espécie.

A robustez não se mostrou uma variável responsiva às características visualizadas no viveiro, não sendo capaz de expressar a qualidade das mudas, que mostravam mais vigorosas quando havia a presença de FLC e remineralizador.

Knapik (2005) encontrou para *M. scabrella* alturas médias entre 8,53 e 12,85 cm, com diâmetros de colo entre 1,36 e 2,15 mm. As alturas e os diâmetros encontrados pela autora aos 150 dias se assemelham às encontradas neste trabalho quando não se utilizou remineralizador aos 120 dias e se mostram inferiores aos encontrados nesse trabalho aos 150 dias. Assim como no trabalho da autora, foi possível notar um incremento dos parâmetros analisados quando adicionada fertilização, indicando uma boa responsividade dessas duas espécies do gênero *Mimosa* à adubação de base.

#### 4.3.2 Massa seca da parte aérea, raízes e total

As massas seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) apresentaram interação entre os dois fatores analisados (TABELA 13).

Para MSPA, a adição de qualquer dose de remineralizador e FLC foi responsável pela diferenciação de todos os demais tratamentos que não continham esse fator, apresentando médias mais elevadas que não diferenciaram entre si.

Na MSR, para dose de 4 kg/m<sup>3</sup>, o tratamento com a maior dose de remineralizador (30% do volume do substrato) foi responsável pela maior média. Nos tratamentos que continham FLC nas doses de 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>, aquelas que continham a partir de 10% de remineralizador foram responsáveis pelas maiores médias.

Para MST, a adição de remineralizador e FLC nos tratamentos, em qualquer dosagem, foi responsável por médias superiores àqueles que não receberam fertilização ou remineralizador.

TABELA 13 - MASSA SECA DA PARTE AÉREA, RAÍZES E TOTAL DE MUDAS DE *Mimosa flocculosa* Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Massa seca da parte aérea - MSPA								
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )							
	0		4		8		12	
0	0,28	aB	1,52	bA	1,56	bA	1,67	bA
10	0,26	aB	4,35	aA	5,54	aA	6,13	aA
20	0,27	aB	4,83	aA	5,42	aA	6,15	aA
30	0,24	aB	4,62	aA	5,19	aA	6,07	aA
Massa seca de raízes - MSR								
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )							
	0		4		8		12	
0	0,41	aB	0,63	cA	0,46	bAB	0,45	bAB
10	0,49	aB	2,37	bA	2,25	aA	2,45	aA
20	0,41	aB	2,63	abA	2,90	aA	2,78	aA
30	0,45	aB	3,71	aA	3,15	aA	3,30	aA
Massa seca total - MST								
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )							
	0		4		8		12	
0	0,69	aB	2,15	bA	2,01	bA	2,12	bA
10	0,75	aB	6,72	aA	7,80	aA	8,58	aA
20	0,67	aB	7,46	aA	8,32	aA	8,94	aA
30	0,69	aB	8,32	aA	8,34	aA	9,37	aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Interação entre colunas são expressas por letras minúsculas, interação entre linhas, são expressas por letras minúsculas. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas ao substrato e linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

Os resultados para biomassa seca indicam que a espécie possui resposta positiva para ambos os fatores analisados, em qualquer das doses e combinações testadas.

Ao analisar efeitos da adição de doses de pó de rocha em mudas de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Welter et al. (2011) encontraram valores crescentes de MSPA, MSR e MST, entre doses e diferentes granulometrias, comportamento também observado para *M. flocculosa*, apesar da ausência de diferenças significativas entre as doses aplicadas. Os autores associam o incremento da biomassa da planta ao cálcio e o magnésio potencialmente liberados pelo pó de basalto, já que são minerais diretamente ligados ao crescimento de meristemas e estrutura das células. Além disso, citam que nos tratamentos com maiores doses de remineralizador foram



registradas menores concentrações de  $Al^{3+}$  e pH mais básico, fatores que impactam diretamente no desenvolvimento de plantas e que também foram observados na análise dos substratos utilizados neste trabalho.

Knapik (2005) realizou um trabalho utilizando o pó de basalto como adubação em *Mimosa scabrella* Benth. e obteve um resultado insatisfatório para MSPA, MSR e MST, similar aos tratamentos onde não havia adubação. Fato similar ocorreu neste trabalho, onde a não adição de adubação junto aos substratos testados gerou também resultados ruins, com mudas visivelmente deficientes e sem condições de irem a campo, inclusive na presença de remineralizador. Isso demonstra que o remineralizador, sem a presença de um adubo para que a planta cumpra suas funções metabólicas corretamente, talvez não seja capaz de fornecer nutrientes suficientes para proporcionar um crescimento adequado de mudas florestais dessa espécie, já que o tempo de produção é muito curto e pode não ser suficiente para solubilização dos minerais contidos no pó de rocha.

#### 4.3.3 Índice de qualidade de Dickson

O IQD apresentou interação entre os fatores analisados, conforme pode ser visualizado na Tabela 14. Os resultados apontam que a adição das menores dose de remineralizador e/ou fertilizante foram responsáveis pelas maiores médias, não ocorrendo diferenças significativas entre elas.

TABELA 14 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS DE *Mimosa flocculosa* Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Índice de qualidade de Dickson - IQD								
Remineralizador %	FLC (kg/m <sup>3</sup> )							
	0		4		8		12	
0	0,09	aB	0,18	bA	0,16	bA	0,16	bA
10	0,10	aB	0,59	aA	0,62	aA	0,66	aA
20	0,08	aB	0,57	aA	0,64	aA	0,71	aA
30	0,09	aB	0,67	aA	0,66	aA	0,80	aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Interação entre colunas são expressas por letras minúsculas, interação entre linhas, são expressas por letras minúsculas. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas ao substrato e linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

Assim, quando se considera a biomassa e os parâmetros morfológicos em conjunto, expressos pelo IQD, a dosagem de 4 kg/m<sup>3</sup> de FLC é indicada para a espécie sob o ponto de vista da utilização racional dos recursos e a adição de remineralizador sempre será positiva, sendo que o seu uso, em maior ou menor dosagem, deverá ser analisado de acordo com o custo do material, que é fortemente impactado pelo valor do frete.

Knapik (2005), ao analisar os efeitos da adição de pó de basalto como adubação em *M. scabrella* aos 120 dias, encontrou valores de IQD que variavam de 0,09 a 0,13, similares aos encontrados nesse trabalho quando havia ausência de adubação. A autora não testou, entretanto, o pó de rocha associado à adubação. Os valores máximos de IQD encontrados pela autora quando as mudas foram adubadas, sem a presença de pó de rocha, foram de 0,24, sendo inferiores aos encontrados nesse estudo quando submetidos a adubação com FLC.

Segundo Gomes; Paiva (2004), quanto maior for o IQD, melhor será a qualidade da muda produzida dentro da mesma espécie, sendo o valor 0,20 o mínimo viável. De acordo com esse critério, todas as mudas produzidas neste experimento, com presença de FLC e remineralizador, estão dentro do padrão mínimo sugerido pelo autor, o que foi também constatado visualmente no viveiro.

A mão de obra para manutenção das mudas foi de cerca de 2 h semanais, o que mostra que um correto manejo de irrigação, associado à utilização de FLC na adubação de base e um substrato adequado, podem ser capazes de reduzir significativamente os custos com mão de obra nos viveiros florestais.

#### 4.3.4 Facilidade de retirada do tubete – FRT

Para facilidade de retirada do tubete, foi observada interação entre os fatores analisados, sendo as médias sempre superiores à 7,68, nota considerada alta, o que indica que independentemente do tratamento utilizado, a espécie não possui problemas para retirada do tubete (TABELA 15).

As mudas que não continham doses de adubo apresentavam baixa massa radicial, o que facilitava a retirada do tubete. Já os tratamentos com maior fertilização apresentavam massa radicial maior, mas também não houve dificuldade em sua retirada.



TABELA 15 - FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE DE MUDAS DE *Mimosa flocculosa* Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Remineralizador %	Facilidade de retirada do tubete							
	FLC (kg/m <sup>3</sup> )							
	0		4		8		12	
0	10,00	aA	10,00	aA	9,92	aA	9,96	aA
10	9,84	aA	7,68	bB	8,48	bB	8,56	bB
20	10,00	aA	7,80	bC	8,68	bBC	9,48	abAB
30	10,00	aA	9,36	aA	9,92	aA	10,00	aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Interação entre colunas são expressas por letras minúsculas, interação entre linhas, são expressas por letras minúsculas. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas ao substrato e linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

#### 4.3.5 Agregação de raízes ao substrato

A agregação de raízes ao substrato apresentou interação entre os fatores analisados (TABELA 16).

TABELA 16 - AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Mimosa flocculosa* Bukart AOS 150 DIAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E REMINERALIZADOR

Remineralizador %	Agregação de raízes ao substrato - ARS							
	FLC (kg/m <sup>3</sup> )							
	0		4		8		12	
0	2,00	aAB	3,36	bA	1,60	cB	1,60	cB
10	3,48	aB	7,92	aA	6,44	bA	6,20	bA
20	2,28	aB	7,64	aA	6,64	bA	5,92	bA
30	2,20	aB	8,76	aA	8,64	aA	8,04	aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. Interação entre colunas são expressas por letras minúsculas, interação entre linhas, são expressas por letras minúsculas. Colunas apresentam as doses de FLC adicionadas ao substrato e linhas apresentam o percentual de remineralizador contido no substrato.

FONTE: O AUTOR (2020)

A agregação de raízes ao substrato apresentou resposta positiva à adição de remineralizador ao substrato, sendo que, para a dosagem de FLC de 4 kg/m<sup>3</sup>, a dose de 10% de remineralizador foi suficiente para a obtenção das maiores médias. Para as doses de adubo de 8 e 12 kg/m<sup>3</sup>, os tratamentos que apresentaram maiores médias foram aqueles que continham a dose de 30% de remineralizador. Este fato pode indicar que, apesar do remineralizador ser composto de partículas muito finas e, por esta razão, ter mais dificuldade em promover boa agregação ao substrato, doses

adequadas de adubação e remineralizador, podem ser efetivos para a promoção de uma agregação adequada das raízes ao substrato.

O índice de agregação de raízes pode ser visualizado na Figura 9, onde fica evidente a baixa agregação das raízes ao substrato nas notas de 1 a 6, com uma melhora na nota 7. Porém, as mudas situadas nas classes 8, 9 e 10 foram as que se mostraram visualmente aptas a uma situação de campo, por estarem com menores danos e uma baixa deformação no torrão.

FIGURA 7 - NOTA DE AGREGAÇÃO DE RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Mimosa flocculosa* Bukart



FONTE: O AUTOR (2020)

## 5 CONCLUSÃO

- A adição de doses crescentes de 5 a 30% de remineralizador de solo como componente do substrato de mudas florestais é capaz de alterar positivamente os parâmetros físicos e químicos analisados.
- A adição do remineralizador é indiferente para grande parte dos parâmetros morfológicos de *S. diploconos*.
- O uso do remineralizador apresenta resultados efetivos para *M. flocculosa* desde a dose inicial de 10%, sem diferenças significativas para as maiores doses.
- O fertilizante de liberação controlada é efetivo para as duas espécies avaliadas, sendo a produção de ambas as espécies inviável sem a sua utilização.
- Para *S. diploconos*, a dose de 8 kg/m<sup>3</sup> de substrato é eficiente, sendo indicada para a produção de mudas da espécie.
- Para *M. flocculosa*, a dose de 4kg/m<sup>3</sup> de substrato é suficiente para se obter mudas com qualidade adequada, sendo a indicada para a espécie.
- A interação entre os dois fatores analisados em *S. diploconos* não ocorreu em nenhum dos parâmetros morfológicos e de biomassa. Já em *M. flocculosa*, foi observada interação em todos os parâmetros analisados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Alan Henrique Marques de et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p.1179-1190, 11 dez. 2017. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509830300>>. Acesso em: 15 dez. 2019.
- AGUILAR, Marcos Vinícius Miranda et al. Produção de mudas de *Albizia lebeck* (L.) Benth sob diferentes formulações e doses de osmocote®. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba, v. 5, n. 1, p.153-160, 10 jan. 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.69692>>. Acesso em: 07 out. 2019.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em: 10 out. 2019
- ANDA – Associação Nacional para a Difusão de Adubos. Anuário estatístico 2019. Disponível em: <<http://anda.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- ANGELO, Alessandro Camargo; SOUZA, Karen Koch Fernandes de. **Programa Gestor de Recursos Florestais**. Curitiba: Editora Ufpr, 2016. 122 p.
- ARAUJO, Maristela Machado et al. Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal. In: ARAUJO, Maristela Machado; NAVROSKI, Marcio Carlos; SCHORN, Lauri Amândio. **Produção de Sementes e Mudanças**: Um enfoque à silvicultura. Santa Maria: Editora Ufsm, 2018. p. 345-366.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii*** – Engelm. 2007. 53 f.: Il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2007.
- BIRCHER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios y implementación practica. **Investigation Agrária, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v.7, n.1/2, 1998.
- BOENE, Horácia Celina Armando Mula et al. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p.407-420, 13 set. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i3.25789>>. Acesso em: 28 dez. 2019.
- BOHS, Transfer of Cyphomandra (Solanaceae) and its species to Solanum. **Taxon**, Salt Lake, v. 44, n. 4, p. 583 - 587, 1994.
- BOODT, M. de; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, [s.l.], n. 26, p.37-44, dez. 1972. International Society

for Horticultural Science (ISHS). Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BRANCALION, Pedro H. S.; GANDOLFI, Sergius; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 432

BRASIL. Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências**. Brasília, DF, dez 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm) Acesso em: 25 ago. 2019.

BRASIL. Decreto nº 23.793 de 23 de janeiro de 1934. **Aprova o código florestal**. Brasília, DF, jan 1934. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/D23793.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm)>. Acesso em: 24 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Brasília, DF, maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Institui o Novo Código Florestal**. Brasília, DF, set 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)>. Acesso em: 23 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. **Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BRONDANI, Gilvano Ebling et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p.167-176, 26 mar. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rso.v9i2.10965>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BUNT, A. C. Some physical properties of pot-plant composts and their effect on plant growth. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 13, n. 4, p.322-332, jan. 1960. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/bf01394644>>. Acesso em: 10 out. 2019.

CALDEIRA, M.V.W et al. **Biossólido e casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas de Mimosa flocculosa**. In: Congresso Brasileiro de Resíduos orgânicos. 2009. Cd-Rom.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler et al. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p.77-



84, 28 mar. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i1.26302>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

CARNEIRO, J. G. A. 1995. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**, Curitiba: UFDR/FUPE.

Carvalho, P. E. R. (2002). **Bracatinga de Campo Mourão** (Circular Técnica, n.61, 5p). Colombo: Embrapa - CNPF.

CNCFlora. *Solanum diploconos* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Solanum diploconos](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Solanum_diploconos)>. Acesso em 19 janeiro 2020.

CUNHA, Alexson de Mello et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp.* **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p.207-214, abr. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622006000200007>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

CUNHA-NETO, Ernandes Macedo da et al. Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* (King.). **Caderno de Ciências Agrárias**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p.26-33, nov. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/3040/1852>>. Acesso em: 25 dez. 2019.

DAUDT, R.H.S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A.N. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 91-96, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000100015>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

DRANSKI, João Alexandre Lopes; SONDA, Eduarda Thais; DEMARCHI JUNIOR, Jeferson Carlos. Tamanho de sementes e fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de *Schizolobium parahyba* [(Vell.) S.F. Blake)]. **Biotemas**, [s.l.], v. 32, n. 2, p.23-31, 3 jun. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n2p23>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

DUTRA, Tiago Reis et al. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p.491-498, out. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i4.44570>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

EHLERS, Tiago; ARRUDA, Guilherme O. S. Ferraz de. Utilização do Pó de Basalto em Substratos para Mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 1, p.37-44, 2014a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/loram.2014.002>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

EHLERS, Tiago; ARRUDA, Guilherme O. S. Ferraz de. Efeitos de pó de rocha basáltica adicionado em substratos para mudas de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 13, n. 3, p. 310-317, mar. 2014b. Disponível

em: <http://www.periodicos.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5703>. Acesso em: 10 dez. 2019

FERNANDES, Milton Marques et al. Redes Neurais Artificiais na estimação de variáveis biométricas de mudas de espécies florestais produzidas em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 1, p.47-58, 14 fev. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5965/223811711812019047>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

FERMINO, Maria Helena; MIETH, Patrícia. Análise de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: ARAUJO, Maristela Machado; NAVROSKI, Marcio Carlos; SCHORN, Lauri Amândio. **Produção de Sementes e Mudanças: Um enfoque à silvicultura**. Santa Maria: Editora Ufsm, 2018. p. 169-186.

FRAGOSO, Rosimeri de Oliveira et al. Substratos renováveis na produção de mudas de *Ficus enormis* proveniente de jardim clonal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v. 36, n. 88, p.537-541, 11 jan. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1246>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

GERVASIO, Clarissa Ricalde et al. Substratos na produção de mudas de espécies nativas do Sul do Brasil. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 2, p.268-272, abr. 2016. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/428/255>>. Acesso em: 03 jan. 2020

GOMES, José Mauro et al. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p.655-664, nov. 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622002000600002>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

GOMES, Silvio Henrique Menezes et al. Avaliação dos parâmetros morfológicos da qualidade de mudas de *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) em viveiro florestal. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.1-10, 27 fev. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2019.011701>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (Propagação Sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2012. (Caderno didático, 72) 116 p.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia, 1996. Resumos... Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CDRom, 1996.

GONZAGA, Luciana de Moura et al. Recipientes e substratos na produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária**



**Sustentável**, Viçosa, v. 6, n. 1, p.64-73, 30 mar. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v6i1.309>>. Acesso em: 25 dez. 2019.

GUIDOTTI, V.; FREITAS, F. L. M.; SPAVOREK, G.; PINTO, L. F. G.; HAMAMURA, C.; CARVALHO, T.; CERIGNONI, F. Números detalhados do novo código florestal e suas implicações para os PRAs. **Sustentabilidade em debate**, n. 5, mai. 2017. Disponível em: <[http://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/5925cada05b49\\_SUSTemDEB\\_low\\_web\\_links.pdf](http://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/5925cada05b49_SUSTemDEB_low_web_links.pdf)> Acesso em: 23 ago. 2019

HASSAN, R. M.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (Ed.) MA conceptual framework. In: Millennium ecosystem assessment. **Ecosystems and human well-being**: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group. Washington, D. C.: Island Press, 2005. v. 1.

HOFFMANN, Pablo Melo. **Morfologia, ecofisiologia da germinação e desenvolvimento de *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs (SOLANACEAE)**. 2014. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Dpto de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <[http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf\\_ms/2014/d682\\_0885-M.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2014/d682_0885-M.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **SOS Mata Atlântica e INPE apresentam dados do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. 2019. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/06/Atlas-mata-atlanticaDIGITAL.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2.ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. p.45-72.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substratos para plantas**: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

KLEIN, Claudia. Substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 4, n. 3, p.1-21, 25 nov. 2015. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rber.v4i3.40742>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

KNAPIK JG, ANGELO AC. Pó de basalto e esterco equino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (Rosaceae). **Floresta**, Curitiba, v.37 n.3 p.427-436. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v37i3.9939>>. Acesso em: 10 out. 2019.

KNAPIK, J.G. **Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne**. 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KRATZ, Dagma. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Programa Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KRATZ, Dagma et al. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 113, p.63-76, 1 mar. 2017. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). Disponível em: <[dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n113.06](http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n113.06)>. Acesso em: 28 nov. 2019.

KRATZ, Dagma et al. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p.607-621, 13 dez. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509812345>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

KRATZ, Dagma et al. Substratos renováveis para produção de mudas de *Mimosa scabrella*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p.393-408, 19 nov. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i2.31249>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

KRATZ, Dagma et al. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p.609-616, jun. 2015. Disponível em: <[dx.doi.org/10.5380/rf.v45i3.36531](http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i3.36531)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

KRATZ, Dagma; WENDLING, Ivar. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p.348-354, jun. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663030011>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

LARCHER, W. **Produção de matéria seca: o trabalho de assimilação e seu rendimento**. In: LARCHER, W. (Ed.). Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2000. cap. 2, p. 149-164.

LEONARDOS, O. H., FYFE, W. S. & KRONBERG, B. I. **Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. Anais 29 Congresso. Brasil. Geol., BH, p: 137 – 145. 1976

LEME, M.C.J.; DURIGAN, M.E.; RAMOS, A. **Avaliação do potencial forrageiro de espécies florestais**. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 1994, Colombo. Anais... Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. p.147-55.

MARCHETTI, Marithsa Maiara; SANTOS, Julio Cesar Pires; BARATTO, Cesar Milton. Caracterização de bactérias em nódulos de leguminosas arbóreas de fragmentos da floresta ombrófila mista. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p.50-62, 20 dez. 2017.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i4.51383>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

MARTÍNEZ PF. 2002. **Manejo de substratos para horticultura**. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. Anais...Campinas: Instituto Agrônomo. p. 53-75. (Documentos IAC, 70)

MELAMED, R.; GASPAR, J.C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), 2007. Série de Estudos e Documentos 72 (SED-72), 24p.

MELO, Valdinar Ferreira et al. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 4, p.471-476, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672012000400004>>. Acesso em: 15 out. 2019.

MENDONÇA, Vander et al. Diferentes ambientes e Osmocote® na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p.391-397, abr. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542008000200007>>. Acesso em: 16 out. 2019.

MENEGATTI, Renata Diane et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento inicial de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 16, n. 1, p.45-49, jan. 2017. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/13908>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

MEZZOMO, Jessé Caletti. **Potencial silvicultural de espécies nativas florestais sob doses de fertilizante de liberação controlada e volume de recipiente, em viveiro e no campo**. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15168/DIS\\_PPGEF\\_2016\\_MEZZOMO\\_JESSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15168/DIS_PPGEF_2016_MEZZOMO_JESSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 01 nov. 2019.

MEURER, E.J. **Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de plantas**. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS, 2007. p. 65-90

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA Nº 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 05 de 10 de março de 2016**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 mar.2016. Disponível em: <[http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106)>. Acesso em 23 set. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadastro ambiental rural**: boletim informativo. Edição especial de 4 anos do CAR. Brasília: MMA, 2018. Disponível em: [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Car/Relatorios/boletim\\_informativo\\_edicao\\_especial\\_4\\_anos\\_car.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Car/Relatorios/boletim_informativo_edicao_especial_4_anos_car.pdf) Acesso em: 26 ago. 2019

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica**: Manual de adequação ambiental. Brasília: Ministério do meio ambiente, 2010. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_arquivos/adequao\\_ambiental\\_publicacao\\_web\\_202.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/adequao_ambiental_publicacao_web_202.pdf) Acesso em: 23 ago. 2019

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Planaveg**: plano nacional de recuperação da vegetação nativa. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: [http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/planaveg\\_publicacao.pdf](http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/planaveg_publicacao.pdf) Acesso em: 28 ago. 2019

MITTERMEIER, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J. & Fonseca, G.A.B. 2004. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX & Agrupacion Sierra Madre, Cidade do México.

MORAES NETO, S. P. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

MORAES NETO, Sebastião Pires de et al. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p.129-137, abr. 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622003000200002>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

NARVAES, I. S. et al. Estruturas da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 331-342. 2005. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981871>.

NAVROSKI, Marcio Carlos et al. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 5, p.357-361, maio 2016. Disponível em: <[https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/357-c-NAVROSKY-41\\_55.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/357-c-NAVROSKY-41_55.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2020.

NOLASCO AM, GUERRINI IA, BENEDETTI V. **Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores do solo em plantios florestais**. In: Gonçalves JLM, Benedetti V, editores. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: Ipef; 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. de. **Qualidade de mudas de Eucalyptus urophylla produzidas em diferentes substratos**. 2009. 68f.: il. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2009.

PARIZOTTO, A.; MUSSIO, C. F.; RUIZ, E. C. Z.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N. Florística e diversidade da regeneração natural em clareiras em Floresta Ombrófila

Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 39, 2019. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1711> Acesso em: 20 ago. 2019

PEGORARO, Adhemar et al. **Aspectos práticos e técnicos da apicultura no Sul do Brasil**. Curitiba: Ufpr, 2017. 282 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/45536>. Acesso em: 10 nov. 2019.

PEGORARO, A.; CARPANEZZI, A. A. **Avaliação do potencial melífero da bracatinga-de-campomourão (Mimosa flocculosa Burkart)**. In: Simpósio nacional sobre recuperação de áreas degradadas, Curitiba, 1992. Anais... Curitiba: 1992. p. 425-429.

PIAS, Osmar Henrique de Castro et al. Doses de fertilizante de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grábia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v. 33, n. 73, p.19-25, 31 mar. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.419>. Acesso em: 09 out. 2019.

PINTO, Andréa de Vasconcelos Freitas et al. Efeitos de substratos e recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.F. Ex S.Moore. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 22, n. 1, p.100-109, jan. 2016. Disponível em: <http://revistas.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/2171/1631>. Acesso em: 10 dez. 2019.

PRATES, Fabiano Barbosa de Souza et al. Crescimento de mudas de pinhão-mansão em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p.207-213, jun. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902012000200001>. Acesso em: 22 out. 2019.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

REMINER – Grupo Siqueira. **Catálogo técnico**. 2019. Disponível em: <https://reminer.com.br/remineralizador/>. Acesso em: 18 nov. 2019.

RIBEIRO, Alessandra Braga et al. Solanum diploconos fruits: profile of bioactive compounds and in vitro antioxidant capacity of different parts of the fruit. **Food & Function**, [s.l.], v. 7, n. 5, p.2249-2257, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1039/c6fo00326e>. Acesso em: 15 nov. 2019.

RIGACCI, Eduardo Delgado Britez. **A fauna frugívora resiliente de um fragmento florestal degradado e seu papel no enriquecimento da vegetação**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biologia., Universidade de Campinas, Campinas, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/335115>. Acesso em: 15 out. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 52.109 de 1º de dezembro de 2014. **Declara as espécies da flora ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul**. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, dois de dezembro de 2014. Disponível em: [http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid\\_Tipo=TE](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TE)



TO&Hid\_TodasNormas=61669&hTexto=&Hid\_IDNorma=61669 >. Acesso em: 22 out. 2019.

RODRIGUES, R. R.; BRANCOLIN, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo, SP. 266p. 2009.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. 762 p.

ROSSA, Überson Boaretto et al. Fertilizante de liberação lenta no crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p.491-500, 22 set. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v41i3.24040>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

ROSSA, Überson Boaretto et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p.841-852, 30 dez. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509820582>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

ROSSA, Überson Boaretto et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p.93-104, 24 abr. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i1.25690>>. Acesso em: 09 nov. 2019

SANTOS, Patrick Luan Ferreira dos et al. Doses of slow release fertilizer in the initial growth of tamarind seedlings. **Nucleus**, Itupeva, v. 15, n. 1, p.137-146, 30 abr. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.2800>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

SCIVITTARO, Walkyria Bueno et al. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 26, n. 1, p.131-135, abr. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452004000100036>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SCHELLER, E. **Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica**. 1998. 78 p.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SILVA, Lismara Aparecida Ferreira da. **Viabilidade de utilização de remineralizadores como alternativa a fertilizantes convencionais**. 2017. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2017. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7325/1/FB\\_COEAM\\_2017\\_1\\_11.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7325/1/FB_COEAM_2017_1_11.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2019.

SMIDERLE, Oscar José et al. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax®. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p.386-390, nov. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362001000300022>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SOARES, E. L. C.; MENTZ, L.A. As espécies de *Solanum* subgênero *Bassovia* seção *Pachyphylla* (= *Cyphomandra* mart. ex sendtn. - Solanaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas Botânicas**, São Leopoldo, n. 57, p. 231 - 254, 2006.

SOCIEDADE CHAUÁ. **Boletim Chauá**: Manual de cultivo - *Solanum diploconos* (Solanaceae) (Mart.) Bohs. Campo Largo, 2018. Disponível em: <[http://www.conexaoambiental.pr.gov.br/sites/conexao-ambiental/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-07/solanum\\_diploconos\\_-\\_boletim\\_chaua\\_002.pdf](http://www.conexaoambiental.pr.gov.br/sites/conexao-ambiental/arquivos_restritos/files/documento/2019-07/solanum_diploconos_-_boletim_chaua_002.pdf)> Acesso em: 26 nov. 2019.

SOUZA, I. Deborah et al. Adubação verde associado a pó de basalto e fosfato natural em sistemas agroecológicos no sul do Paraná e norte de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n. 2, Dez. 2011.

STEHMANN, J.R. ET AL. *Solanum* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**, Jardim Botânico do Rio de Janeiro Disponível em: <[http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/index?mode=sv&group=Root\\_Angiospermas\\_&family=&genus=solanum&species=&author=&common=&occurs=1&region=&state=&phyto=&endemic=&origin=&vegetation=&last\\_level=subspecies&listopt=1](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/index?mode=sv&group=Root_Angiospermas_&family=&genus=solanum&species=&author=&common=&occurs=1&region=&state=&phyto=&endemic=&origin=&vegetation=&last_level=subspecies&listopt=1)>. Acesso em: 12/11/2019.

STUEPP, Carlos André. ***Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme: avaliação da qualidade de mudas e análise silvicultural**. 2017. 172 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/46413/R%20-%20T%20-%20CARLOS%20ANDRE%20STUEPP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

THEODORO, S. de C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. Brasília, 2000. 225 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Acad. Bras. de Ciências**. Rio de Janeiro/RJ, v.78, n.4, p. 715-720. 2006

VALERI, S.V. & CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, IPEF, 2000. p.168-90.

VAN STRAATEN, Peter. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p.731-747,



dez. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652006000400009>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

WALLER, P.I.; WILSON, F.n. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, [s.l.], n. 150, p.51-58, jun. 1984. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.1984.150.5>>. Acesso em: 16 out. 2019.

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. **Produção de mudas de araucária em tubetes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Embrapa Florestas. Documentos, 130). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/314506/1/doc130.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

WENDLING, Ivar; GUASTALA, Daniel; DEDECEK, Renato. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Lavras, v. 31, n. 2, p.209-220, abr. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622007000200003>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

WENDLING, Ivar; GUASTALA, Daniel; DOMINGOS, Danilo Martins. Substratos para Produção de Mudas de Erva-Mate em Tubetes Plásticos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v. 1, n. 52, p.21-36, jan. 2006. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/212>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

WELTER, Marina Keiko et al. Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p.922-931, set. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452011000300028>>. Acesso em: 25 dez. 2019.

WILSEN NETO, A.; BOTREL, M.C.G. Doses de fertilizantes de liberação lenta na produção de mudas de *Pinus*. **Agrarian**, Dourados, v.2, n.3, p.65-72, 2009.

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. ***Cyphomandra diploconos* in IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.

ZANON, A. Efeito da temperatura da água na quebra de dormência de sementes de *Mimosa flocculosa* Burkart. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.24/25, p.67-70, 1992. Disponível em: <[http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim24\\_25/azanon.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim24_25/azanon.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2019.

## APÊNDICES

FIGURA 8 - LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.



FONTE: MASTELLA, (2019).

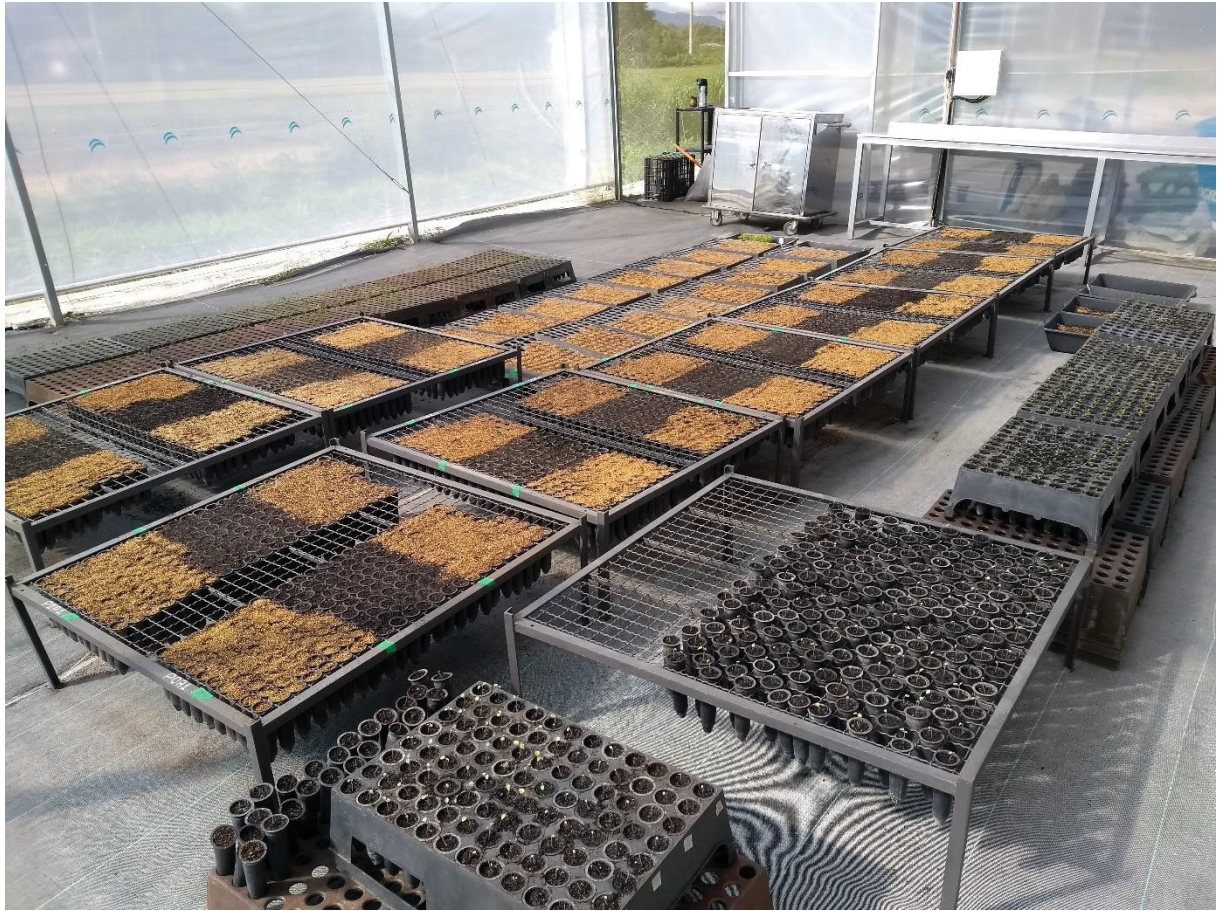
FIGURA 9 - PLÂNTULAS DE *S. DIPLOCONOS* COM 30 DIAS PRONTAS PARA SEREM REPICADAS



FONTE: O AUTOR (2019)



FIGURA 10 - VISÃO GERAL DO EXPERIMENTO AOS 10 DIAS APÓS SEMEIO/REPICAGEM. AS ESPÉCIES EM QUESTÃO ESTÃO COBERTAS POR VERMICULITA.



FONTE: O AUTOR (2019)